Untersuchungen zur Aufklärung des "Spitzahornsterbens"

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

Jürgen Werner Graf

1984

[illegible]

Untersuchungen zur Aufklärung des "Spitzahornsterbens"

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

vorgelegt von
Jürgen Werner Graf
1982

Referent: Prof. Dr. P.Schütt

Korreferent: Prof. Dr. A. von Schönborn

Tag der mündlichen Prüfung: 21.02.1984

Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde am Forstbotanischen Lehrstuhl in München mit Unterstützung der DFG, wofür ich zu danken habe, durchgeführt.

Für die Überlassung des Themas, die vielen wertvollen Anregungen und Ratschläge sowie für die Durchsicht des Manuskripts möchte ich mich recht herzlich bei Herrn Prof. Dr. Schütt bedanken.

Weiterhin gilt mein Dank Herrn Dr. Lang für zahlreiche Hinweise und anregende Gespräche, Frau Stolley für einen Teil der photographischen Aufnahmen, Herrn Hey für zahlreiche Holzschneidearbeiten, Herrn Prof. Dr. Fengel für die Erlaubnis zur Benutzung des Rasterelektronenmikroskops sowie Herrn Dr. Stoll und Frau Werner für die Hilfestellung bei den elektronenmikroskopischen Untersuchungen, den Amtsvorständen der drei Forstämter für ihre bereitwillige Unterstützung und die Erlaubnis Bäume zu beimpfen sowie all denen, die mir bei der Arbeit behilflich waren.

Schließlich gilt noch mein herzlicher Dank Herrn Prof. Dr. Butin für eine Reihe von Pilzbestimmungen, die mir sehr geholfen haben.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544319_0003

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
2. Material und Methoden	3
2.1. pH-Bestimmung	3
2.2. Das Untersuchungsmaterial	3
2.3. Pilzisolierungen und Pilzvergleiche	3
2.4. Für Inokulationen verwendete Pilze	5
2.5. Gewinnung von Sporenmaterial von Discula campestris	5
2.6. Das Impfmaterial	7
2.7. Rindeninokulationen	8
2.8. Blattinokulationen	10
2.9. Sporenkeimung in Blattpreßsäften	11
2.10. Mikrotechnische Arbeiten	12
2.10.1. Mikrotomschnitte	12
2.10.2. Anfärbung von Pilzhyphen	12
2.10.3. Giemsafärbung zum Nukleinsäurenachweis	13
2.10.4. Nachweisreaktionen für Wundperidermbildung, Gerbstoffe und Lignin	13
2.11. Wachstumsgeschwindigkeit des Mycels und der Keimschläuche	13
2.11.1. in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit	13
2.11.2. in Abhängigkeit von der Temperatur	14
3. Standortsbeschreibungen	15
3.1. Das Wuchsgebiet	15
3.2. Standortsangaben zu den Revieren Rust und Kappel im Oberrheintal	18
3.3. Standortsangaben zu den Revieren Grünau und Weichering in den Donauauen	19
3.4. Standortsangaben zum Revier Hagenau in den Amperauen	20
4. Schadbilder und Krankheitsverlauf	21
4.1. Dunkle Rindenverfärbung an der Stammbasis	21
4.2. Kronendürre	21
4.3. Schwarze Rindenflecken	22
4.4. Sonstige Schäden	23
5. Beschreibung der erkrankten Reviere und Verteilung der Schadbilder	24
5.1. Reviere Rust und Kappel	24

Seite

5.2. Reviere Grünau und Weichering 25
5.3. Revier Hagenau 26

6. Krankheitsursachen 29
6.1. Dunkle Rindenverfärbung an der Stammbasis 29
6.2. Kronendürre 32
6.3. Schwarze Rindenflecken 37
6.3.1. Bezeichnung des Schadbildes 37
6.3.2. Untersuchung der Spitzahornrinde auf anatomische Besonderheiten 37
6.3.3. Entstehung der schwarzen Rindenflecken 38
6.3.4. Mikroskopische und makroskopische Untersuchungen 38
6.3.5. Pilzisolierungen aus dem geschädigten Rinden- und Holzgewebe 41
6.3.6. Untersuchungen an äußerlich nicht erkennbaren Rindennekrosen 43

7. Wurzeluntersuchungen 44

8. Inokulationsversuche 45
8.1. Rindeninokulationen 45
8.1.1. Durch Rindeninokulationen induzierte Krankheitssymptome 47
8.1.2. Rindeninokulationen mit einer Pilzart pro Baum 49
8.1.3. Sporeninokulationen 61
8.1.4. Inokulationen mit mehreren Pilzarten am gleichen Baum 62
8.1.5. Zusammenfassung der Inokulationsergebnisse 70
8.2. Blattinokulationen 72
8.2.1. im Labor,1980 72
8.2.2. im Labor,April 1981 73
8.2.3. im Labor,Juni 1981 75
8.2.4. im Freiland, 1981 77
8.2.5. In vitro Blattinokulationen 78
8.2.6. Schadbild und Krankheitsverlauf 79
8.2.7. Mechanismus der Infektion 79
8.2.8. Ursachen für den Ausbreitungsstopp der Blattnekrosen 80

9. Antagonistische Wirkungen zwischen pathogenen Pilzen und Wachstumstests 81

10. Sporenkeimung und Keimschlauchbildung von Discula campestris in Blattpreßsäften 84

Seite

11. Untersuchungen zur Morphologie und Systematik von Discula campestris 87
11.1. Die Nebenfruchtform 87
11.2. Mutmaßliche Hauptfruchtform 88
12. Das Verhalten von Discula campestris in vitro 89
12.1. Einfluß der Temperatur auf das Mycelwachstum und die Keimschlauchlänge 89
12.2. Abhängigkeit des Mycelwachstums und der Keimschlauchlänge von der relativen Luftfeuchtigkeit (r.L.) 91
13. Zusammenfassung 93
14. Diskussion 98
15. Literaturverzeichnis 107
16. Bildteil 112

1. Einleitung

Krankheitserscheinungen,an deren Zustandekommen mehrere Faktoren beteiligt sind,welche entweder zur gleichen Zeit oder in einer bestimmten Abfolge angreifen und nicht einem einfachen,geradlinigen Ursache-Wirkung-System folgen,werden als Komplexkrankheiten bezeichnet (Schütt,1979).
Die bekanntesten Beispiele für solche Komplexkrankheiten sind die Buchenrindennekrose und das Tannensterben,die seit langem bekannt und trotzdem in ihren Ursachen nicht oder nur teilweise geklärt sind. In jüngster Zeit tritt eine bisher unbekannte, als "Spitzahornsterben" bezeichnete Baumkrankheit an Auestandorten in Süddeutschland auf,die unter verschiedenen Symptomen an 15 bis 30 jährigen Spitzahornen zu teilweise bestandesbedrohenden Ausfällen führt.

Betroffen von dem "Spitzahornsterben" sind die Bestände der Reviere Grünau und Weichering in den Donauauen bei Ingolstadt und einer Reihe von Revieren im Oberrheintal sowie zwei Kleinbestände in den Amperauen bei Moosburg.

Hinsichtlich der Krankheitssymptome gibt es sowohl quantitative wie auch qualitative Unterschiede,wobei jedoch am jeweiligen Standort ein Schadbild dominiert. Die bei der Bestandesbegründung -wenn auch mit geringerer Häufigkeit- gepflanzten Bergahorne bleiben von dem Krankheitsgeschehen unberührt. Bei dieser Krankheit handelt es sich nicht um ein generelles Absterben von Bäumen in Auewäldern,sondern um Ausfälle meist gleichaltriger Spitzahorne in Pflanzungen mit hoher Bestandesdichte.

In den alljährlich erscheinenden Berichten über "Die gegenwärtige Forstschutzsituation in Südwestdeutschland" (König,1973, 1974, 1978, 1979, 1980, 1981) und "Zur Situation und Prognose des Forstschädlingsbefalls in Bayern" (Schwenke und Schütt,1974, 1975, 1980) wurde wiederholt auf das "Spitzahornsterben" hingewiesen. Ausführlicher berichtet Olberg-Kallfass (1978) über diese Krankheit im Oberrheintal und unterscheidet drei verschiedene Schadensabläufe. Übereinstimmend sind die Autoren der Meinung,daß ungünstige Witterungsverhältnisse eine wichtige Rolle bei der Erkrankung gespielt haben.

Bei dieser kaum beschriebenen und wenig erforschten Krankheit sind die Schadbilder wie folgt zu charakterisieren: Absterbeerscheinungen im Stamm- und Kronenbereich und Dürrwerden der Krone, eine von der Stammbasis ausgehende dunkle Rindenverfärbung und Rindennekrosen mit schwarzen Flecken, die größtenteils im unteren Stammbereich auftreten. Diese von Conrad (1964) als Schleimflußkrankheit bezeichnete Erscheinung an Spitzahorn wurde auch an Roteiche (Zycha, 1968), Buche (Zycha, 1951), Roßkastanie (Svolba, 1935), Birke und anderen Baumarten (Freier, 1961) beobachtet. Zwar weisen die beiden letztgenannten Schadbilder eine gewisse Ähnlichkeit auf, doch scheint eine gesonderte Behandlung erforderlich, da sie sich sowohl zahlen- und größenmäßig und anatomisch als auch hinsichtlich der Ursachen unterscheiden.

Das Ziel der Untersuchungen war, die Schadbilder an den verschiedenen Standorten zu erfassen, den Krankheitsverlauf zu ermitteln und die Ursachen der Erkrankung aufzuklären. Dies beinhaltet die Klärung der Frage, ob die doch recht unterschiedlichen Krankheitssymptome auf eine oder mehrere Ursachen zurückzuführen sind und inwieweit standörtliche und klimatische Faktoren von Einfluß auf das Krankheitsgeschehen waren.

Blattkrankheiten an Ahornarten sind weit verbreitet und stellen für den Wirt in der Regel keine ernsthafte Bedrohung dar. Erheblich gefährdeter sind Ahorne durch Verticillosen, verursacht durch Verticillium albo-atrum (Wollenweber, 1929; Gravatt, 1926), V. dahliae (Van der Meer, 1926), V. ovatum (Berkeley, 1927, zitiert bei Wollenweber) und durch eine als "Bleeding canker" bezeichnete Erkrankung durch Phytophthora sp. (May, 1961; Baxter, 1943).
Die für diese Pathogene typischen Krankheitssymptome wurden an den erkrankten Spitzahornen nicht festgestellt. In Deutschland wurde Spitzahornbefall durch Verticillium albo-atrum eindeutig nachgewiesen (Pape, 1926), nicht aber durch Phytophthora-Arten.

2. Material und Methoden

2.1. pH-Bestimmung

Zur Feststellung der Bodenacidität wurden pH-Bestimmungen durchgeführt. Hierzu wurden Bodenproben aus verschiedenen Tiefen entnommen, vier Einzelproben aus jedem Horizont zu einer Mischprobe vereinigt, gesiebt (Maschenweite des Siebes: 2mm) und je 10g mit 25ml einer 1N KCl versetzt. Vor der Messung wurden die Proben aufgerührt und der pH mittels einer Glaselektrode bestimmt.

2.2. Das Untersuchungsmaterial

Tab. 1 gibt eine zusammenfassende Aufstellung der für die Probenahmen und Untersuchungen verwendeten Spitzahorne mit den zugehörigen Schadbildern. Darin sind die im Zusammenhang mit den schwarzen Verfärbungen am Stammfuß untersuchten bzw. gefällten Bäume aus dem Oberrheintal nicht enthalten.
Bei den mit Fragezeichen versehenen Spitzahornen 4 bis 6 handelt es sich um Teilstücke von erkrankten Bäumen, die im Rahmen einer Durchforstung gefällt und zersägt worden waren. Die Probenahme erfolgte einige Tage später. Da die Teile nicht mehr zu einem ganzen Baum zusammengesetzt werden konnten, ist für den einzelnen Baum eine vollständige Schadensangabe nicht möglich. Sie gehörten zu einer Gruppe von Spitzahornen, von denen eine Reihe schwarze Rindenflecken sowie größere, von Totästen ausgehende Stammschäden aufwiesen.
Baum 19 wurde trotz Fehlens äußerer Schäden in die Untersuchungen miteinbezogen, da wegen seines kümmerlichen Aussehens, das bei vergleichbaren Bäumen zum Absterben der Krone geführt hatte, der Verdacht auf eine Schädigung im Wurzelbereich bestand.

2.3. Pilzisolierungen und Pilzvergleiche

Um eine Übersicht über die in dem geschädigten Gewebe von Spitzahornen vorkommenden Pilzarten und aus der Häufigkeit ihres Vorkommens gegebenenfalls Hinweise auf das Pathogen zu bekommen, wurden Abimpfungen durchgeführt.
Bei kompaktem Material -Holz oder Rinde- wurde dieses zur Oberflächensterilisierung mit Alkohol übersprüht, durch die Flamme gezogen und mit

Tab. 1: Untersuchte Spitzahorne mit zugehörigen Schadbildern

Revier und Baumnummer	Probenahme	Baum gefällt	Totäste mit größeren Stammschäden	Kronendürre	Rindennekrosen mit schwarzen Flecken	Wurzelstockausgrabung
Weichering 1	5.9.1978	+	+	-	+	+
Hagenau, V1a[1] 2	4.11.1978	+	+	-	-	-
Weichering 3	6.3.1979	+	+	-	+	+
" 4	6.4.1979	+	+	?	?	-
" 5	"	+	+	?	-	-
" 6	"	+	+	?	?	-
Grünau 7	11.6.1979	+	-	+	-	+
Grünau 8	"	+	+	-	-	-
Hagenau, V1a[1] 9	10.7.1979	+	-	-	+	+
Grünau 10	1.8.1979	+	+	-	+	+
Kappel 11	31.8.1979	-	-	-	+	-
Rust 12	"	+	-	-	+	-
Hagenau, V2b[2] 13	26.9.1979	+	-	+	-	+
" " 14	"	+	-	+	-	+
" " 15	"	+	-	+	-	+
" " 16	"	+	+	-	-	+
" V1a[1] 18	15.9.1979	+	-	-	+	-
Grünau 19	19.10.1979	+	-	-	-	+
" 20	"	+	-	-	+	-
" 21	"	-	-	-	+	-
Weichering 22	"	-	-	-	+	-
Hagenau V1a[1] 23	29.3.1980	+	+	-	-	-
Grünau 24	28.6.1980	-	-	-	+	-
" 25	16.7.1980	-	-	-	+	-
Weichering 26	"	+	-	+	-	+
Grünau 27	27.6.1981	+	+	-	+	+
Hagenau V2b[2] 28	24.10.1981	+	-	-	+	-

einem sterilen Meißel gespalten. Aus dem Grenzbereich zwischen dem verfärbten und dem nichtverfärbten Gewebe der geschädigten Partien wurden möglichst kleine Stücke ausgestanzt und auf Malzagar gelegt (je 1,5% Malz und Agar).
Es wurde sodann versucht,gleiche und ähnliche Pilze einander zuzuordnen. Als Zuordnungshilfe und Vergleichsmaßstab dienten morphologische Merkmale wie Wuchsform und Pigmentierung,ferner die Wachstumsgeschwindigkeit der Kulturen auf Malzagar und Sporenvergleiche. Aufgrund der hohen morphologischen Variabilität des Mycels war dies mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Die am häufigsten vorkommenden,nicht selbst bestimmbaren Pilze wurden zur Identifizierung an das Centraalbureau voor Schimmelcultures nach Baarn geschickt.
Wenn auch den Zahlenangaben über die isolierten Pilze nur einschränkende Bedeutung beigemessen werden kann,bedingt durch Unterschiede in der Wachstumsfähigkeit auf künstlichem Nährboden,der Hemmung bzw. dem Überwachsen durch andere Pilze und aus anderen Gründen,so dürften jedoch die häufiger vorkommenden Pilze erfaßt worden sein.

2.4. Für Inokulationen verwendete Pilze

Für alle Blatt- und einen großen Teil der Rindeninokulationen sowie für die in vitro Tests wurde der Pilzstamm W3/10 verwendet. Er war im März 1979 aus dem verfärbten Stammholz eines Spitzahorns -die Schädigung ging von einem Totast im Kronenbereich aus- isoliert und in Baarn als Discula campestris Pass. bestimmt worden.
Weitere Pilzarten die für die Rindeninokulationen Verwendung fanden, das betreffende Schadbild,den Abimpfungsort und das zugehörige Revier werden durch Tab. 2 vermittelt.

2.5. Gewinnung von Sporenmaterial von Discula campestris

Nur von dem Disculastamm W3/10 wurden Sporensuspensionen gewonnen.
Da der Pilz auf Malzagar nicht oder erst nach langer Zeit und dann auch nur sehr spärlich sporuliert,mußte zur schnellen Gewinnung großer Sporenmengen ein geeignetes Substrat gefunden werden. Als bestens geeignet erwiesen sich hierfür Spitzahornblätter. Auf den dampfsterilisierten Blättern bildeten sich nach zwei Wochen erste Pyknidien,deren

Tab. 2: Für Rindeninokulationen verwendete Pilze nebst Abimpfungsort, Schadbild und Revier

Für die verschiedenen Schadbilder werden folgende Abkürzungen verwendet:
RN = Rindennekrose mit schwarzem Fleck
KR = Kronendürre
TS = von Totästen ausgehende Stammschädigung

Pilzart	Pilzstamm	Abimpfungsort	Schadbild	Revier
Discula campestris Pass.	W3/10	Holz	TS	Weichering
	41	Holz	RN	Grünau
	$G10/4_1$	Rinde	RN	Grünau
	R12/28	Rinde	RN	Rust
	$L9/64_1$	Holz	RN	Hagenau
Cryptosporiopsis spec.	34	Holz	RN	Grünau
Fusarium lateritium Nees.	31	Rinde	TS	Grünau
	A10	"	RN	Weichering
	$L9/19_1$	"	RN	Hagenau
Acremonium strictum W. Gams	58	Rinde	RN	Grünau
Diplodia atrata (Desm.) Sacc.	A27	Rinde	RN	Weichering
	$G1o/51_1$	Holz	TS	Grünau
Cytospora ambiens Sacc.	A31	Holz	TS	Weichering
Phomopsis spec.	A5	Holz	TS	Weichering
	L19/18	Rinde	RN	Hagenau
	L9/50	Holz	RN	Hagenau
Phialophora spec.	W5/19	Holz	TS	Weichering
Fusarium spec.	$L9/59_1$	Rinde	RN	Hagenau
	$G10/112_2$	Holz	RN	Grünau
Cylindrocarpon mali (All.) WR.	G10/103	Holz	TS	Grünau
Cylindrocarpon mali	G10/103	Holz	TS	Grünau
Basidiomycet	G7/2	Holz	KR	Grünau
unbekannt	$L9/48_{4b}$	Holz	RN	Hagenau
unbekannt	$L9_1$	Holz	TS	Hagenau
unbekannt	L7	Holz	TS	Hagenau
Leptosphaeria vagabunda Sacc.		Fruchtkörper	TS	Weichering

Zahl ständig zunahm. Bald nach ihrer Bildung sonderten sie reichlich Sporenschleim ab. Hierdurch stand für die Versuche immer von Kontaminationen freies Sporenmaterial zur Verfügung.
Es wurde soviel Sporenschleim abgetupft und in Aqua dest. suspendiert, bis sich eine leichte Trübung einstellte. Um eine Keimungshemmung durch eine zu hohe Sporendichte zu vermeiden (Schütt,1971b),wurde mittels einer Thomazählkammer der Titer auf 1 x 10^7 Sporen pro ml eingestellt.

2.6. Das Impfmaterial

Da allgemein die Virulenz eines pathogenen Pilzes nach längerer Kultur auf künstlichem Nährboden nachläßt,wurden die Pilze vor der Beimpfung über einen mit zerkleinerten Spitzahornblättern versetzten 1,5% Agar geführt.

Mycelinokulationen:

Mittels eines Dosiergerätes wurden jeweils 20ml autoklavierter Malzagar (je 1,5% Malz und Agar) in sterile Petrischalen gefüllt und nach Erkalten beimpft. Aus der Randzone der Kulturen wurden kleine Impfstücke (Durchmesser 5mm) ausgestanzt und mycelwärts auf die zu beimpfende Stelle gelegt.

Sporeninokulationen:

In Sporensuspensionen eingetauchte Zellstoffteilchen ermöglichten ein weitgehend abtropffreies Auftragen des Impfmaterials.

Kontrollen:

Als Kontrolle diente das jeweilige unbeimpfte Material.

2.7. Rindeninokulationen

Um bei den Beimpfungen die Zahl der Kontaminationen möglichst gering zu halten,wurde die Rinde um die zu beimpfende Stelle mit nasser Watte abgerieben und gründlich mit autoklaviertem Wasser abgewaschen. Sodann wurde die Stammrinde etwa in Brusthöhe an drei Positionen mit mycelbewachsenen Malzagarscheibchen (Durchmesser 5mm) beimpft und mit einer Kontrolle versehen. Die drei Beimpfungen und die Kontrolle werden als Impfsatz bezeichnet. Bei den Inokulationen im Herbst 1978 wurde an Position 2 und 4 des Impfsatzes ein 1,5cm großer,T-förmiger Rindenschnitt gemacht,bei allen späteren Inokulationen zwecks Standardisierung die Rinde an den entsprechenden Stellen ausgestanzt (Durchmesser 5mm). Ein Impfsatz baut sich wie folgt auf:

Position 1: "Auflegen" = Impfstück (Mycel holzwärts) auf die Rinde auflegen

" 2: "Stanzen" = Rinde wird ausgestanzt,Impfstück wird eingelegt

" 3: "Kratzen" = Rinde wird angekratzt,Impfstück wird aufgelegt

" 4: Kontrolle = Rinde wird ausgestanzt,Malzagarscheibchen wird eingelegt

Erhielt ein Baum mehrere Impfsätze,so wurde darauf geachtet,daß zwischen den Impfsätzen ein Abstand von etwa 30cm bestand.

Bei den Beimpfungen mit Discula campestris im Frühjahr 1980 wurden Sporensuspensionen verwendet. Auch wurden die Impfsätze vereinheitlicht. Jeweils ein Impfsatz setzte sich aus viermal "Auflegen" bzw. viermal "Stanzen" usw. zusammen. Hinzugefügt wurde noch ein Impfsatz "Stechen" sowie der entsprechende Kontrollsatz. Hierbei wurde die Rinde auf einer Fläche von der Größe eines Markstücks zwölfmal mit einer Nadel angestochen.
Ferner wurde mittels einer Sprühflasche eine Sporensuspension rund um den Stamm als mehrere Zentimeter breites Band aufgetragen. Die besprühten Stellen wurden mit einer durchsichtigen Folie umgeben und in deren unteren Teil zur Erzeugung einer hohen Luftfeuchtigkeit Aqua dest. eingefüllt. Dieser Impfsatz wird als "Sprühen" bezeichnet.

Zusätzlich zu dem üblichen Impfsatz wurde an einigen Bäumchen am Standort Forstenried bei der Herbstbeimpfung von 1979 -sofern noch ausreichend Platz vorhanden war- die Rinde an einer weiteren Stelle ausgestanzt und beimpft. Hierdurch erhöht sich die Zahl der Beimpfungen bei "Stanzen" geringfügig gegenüber denen bei "Kratzen".

Auf weitere Änderungen der Impfmethode wird bei dem betreffenden Kapitel hingewiesen.

Auf die Impfstücke wurde nasse,sterilisierte Watte gelegt und diese durch Umwickeln mit Tesapack befestigt. Die Verbände wurden nach drei Wochen entfernt.

Zur Größenklassifizierung der Rindenschäden wurde eine vierteilige Bonitierungsskala erstellt,eine dreiteilige für die schwarzen Rindenflecken.

Bonitierungsskala der Rindennekrosen:

- \- keine Schäden
- \+ Rindenschäden bis zu einer Länge von 2cm
- ++ Rindenschäden zwischen 2 und 4cm Länge
- +++ Rindenschäden größer als 4cm

Bonitierungsskala der schwarzen Rindenflecken:

- \+ bis zu einer Länge von 5mm
- ++ zwischen 6 und 20mm
- +++ größer als 20mm bzw. streifenförmige Schwarzfärbung der Rinde

Verschiedentlich bildeten sich schwarze Rindenflecken und kleine Nekrosen im intakten Rindenbereich zwischen zwei Impfstellen und konnten deshalb nicht eindeutig einer Position zugerechnet werden. Aus diesem Grund wird ihr Vorkommen in den Tabellen mit "ja" vermerkt.

2.8. Blattinokulationen

Inokulationen an Spitz- und Bergahornen konnten wegen technischer Schwierigkeiten und dem Fehlen von Klimakammern nur in begrenztem Umfang mit dem mutmaßlich wichtigsten Pilz unter nicht standardisierten Bedingungen durchgeführt werden. Letztere Beeinträchtigung erscheint aber nicht so gravierend,da primär die Infektionsfähigkeit von Discula campestris überprüft werden sollte,und nicht innerhalb welcher umweltbedingter Grenzbereiche Infektionen noch möglich sind.

2.8.1. im Labor

Bei den Beimpfungen 1980 wurden mycelbewachsene Malzagarscheibchen auf Blätter gelegt,bei den Kontrollen nur die Scheibchen. Die Zahl der aufzubringenden Inokuli richtete sich nach der Größe und Stellung der Blätter und schwankte zwischen zwei und acht. Zur besseren Haftung der Impfstücke wurden die Blätter zuvor mit Aqua dest. übersprüht. Da für die Keimung und die erste Entwicklung des Keimschlauches eine hohe Luftfeuchtigkeit erforderlich ist,wurden die Ästchen der beimpften Blätter mit durchsichtigen Plastikbeuteln umgeben,etwa 300ml Wasser eingefüllt und die Beutel bis auf eine kleine Öffnung verschlossen.

Bei den Blattbeimpfungen 1981 wurden zusätzlich Sporensuspensionen von Discula verwendet. Um möglichst viele Beimpfungen unter einheitlichen Bedingungen durchführen zu können,wurden ein Spitz- und Bergahornbäumchen (fünfjährig) mit einer durchsichtigen Abdeckplane umgeben. Zur Schaffung einer hohen Luftfeuchtigkeit diente eine mit Aqua dest. gefüllte Wanne. Ferner wurden in der feuchten Kammer nasse Zeitungen befestigt,die jeden Tag befeuchtet wurden. Mittels eines Thermohygrographen wurde die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit gemessen.

2.8.2. im Freiland

Im Forstlichen Versuchsgarten Grafrath wurde unmittelbar nach Laubausbruch (Mitte Mai) zu drei verschiedenen Zeitpunkten in Abständen von sieben Tagen Spitz- und Bergahornblätter von achtjährigen Bäumchen mit Mycel und Sporensuspensionen beimpft und die zugehörigen Kontrol-

len erstellt. Der Baumteil mit den beimpften Blättern wurde mit einer durchsichtigen Abdeckplane umgeben. Mit Aqua dest. gefüllte Plastiktüten sorgten für eine hohe Luftfeuchtigkeit. Um eine zu hohe Erwärmung durch Sonneneinstrahlung zu vermeiden,wurden Teile der Plane mit Zeitungen so abgedeckt,daß noch genügend Licht auf die Blätter gelangte.

2.9. Sporenkeimungen in Blattpreßsäften

Zur quantitativen Gewinnung von Blattpreßsäften wurden Spitz- und Bergahornblätter zur Zerstörung der Membranen in flüssigem Stickstoff abgetötet. Gleiche Gewichtsmengen der beiden Blattarten wurden kleingeschnitten,im Starmix feinst zerkleinert und mit einer Handpresse ausgepreßt. Die Preßsäfte wurden durch Filtration (Schleicher & Schüllfilter) von Blatteilchen und Keimen gereinigt. Parallelversuche mit ungereinigten Preßsäften zeigten,daß bei den Ergebnissen der Sporenkeimungen keine signifikanten Unterschiede auftraten,wohl aber wurde durch diesen Reinigungsschritt die Versuchsauswertung wesentlich erleichtert.

Auf Deckgläser wurden Sporen in die Filtrate bzw. deren Verdünnungen gegeben und diese auf Hohlschliffobjektträger aufgeklebt,in feuchten Kammern bei 21°C bebrütet und nach 24 Std. die Länge von 50 Keimschläuchen ausgemessen. Als Kontrolle wurde Aqua dest.verwendet,dessen pH mit 1/10N HCl auf den niedrigsten pH-Wert des Preßsaftes eingestellt worden war. Die pH-Werte der Blattpreßsäfte schwankten zwischen 4,1 und 4,7.

Die Herstellung von Preßsäften aus Bergahornblättern war während der gesamten Vegetationsperiode möglich,bei den Spitzahornblättern nur unmittelbar nach Blattbildung. Selbst die Anwendung von Drücken bis zu 200 atm erbrachten keinen Tropfen Preßsaft. Trockengewichtsbestimmungen ergaben für Bergahornblätter einen um wenige Prozent höheren Flüssigkeitsgehalt als bei Spitzahornblättern,der zu Beginn der Vegetationsperiode bei beiden Blattarten rund 80% beträgt und bis auf fast 60% absinken kann. Der Grund für die verhinderte Preßsaftgewinnung liegt also nicht in dem unterschiedlichen Flüssigkeitsgehalt,sondern wird auf die verklebende Wirkung des sich bildenden kautschukhaltigen Milchsaftes zurückgeführt.

2.10. Mikrotechnische Arbeiten

Bei den mikrotechnischen Arbeiten wie Fixieren,Einbetten,Schneiden und Färben wurde nach den bei Gerlach (1969) beschriebenen,bewährten Methoden verfahren.

2.10.1. Mikrotomschnitte

Als Fixierflüssigkeit für Blätter und Rinde erwies sich das Alkohol-Formalin-Eisessig-Gemisch (AFE) als bestens geeignet. Die Proben blieben mindestens 24 Std. in diesem Gemisch,wurden dann zur Entwässerung in Alkoholstufen und später in Alkohol-Benzol-Stufen überführt. In reines Benzol wurden fortlaufend kleine Paraplastschnipsel gegeben,die in der Wärme (60°C) die Proben durchdringen. Nach etwa vier Tagen wurden die erstarrten Paraplastblöcke am Schlittenmikrotom geschnitten. Meist betrug die Schnittdicke 10-20 um . Um die Proben geschmeidig zu machen,wurden die Blöcke zuvor einige Zeit in Wasser aufbewahrt. Die Schnitte wurden auf einer Wärmebank gestreckt, mittels Xylol das Paraplast entfernt und in feuchtem Zustand in Kanadabalsam eingebettet.

Zur Anfärbung wurden die Schnitte nach Entfernung des Paraplasts in Xylol-Alkohol-Stufen und dann in Alkohol-Stufen absteigender Konzentration überführt.

Holzproben blieben mindestens 24 Std. in einem Gemisch aus 96% Alkohol und Glycerin (1:1). Die Schnitte wurden in Euparal eingebettet.

2.10.2. Anfärbung von Pilzhyphen

Bei einiger Übung lassen sich Hyphen auch ohne Anfärbung erkennen. In Zweifelsfalle wurde zum Hyphennachweis nach der Färbemethode von Cartwright (1929) verfahren. Die Schnitte wurden kurze Zeit in eine 1% wäßrige Safraninlösung gegeben,in Wasser gespült,eine Pikrin-Anilienblau-Lösung zugegeben und über kleiner Flamme erhitzt.
Nach reichlichem Auswaschen mit Alkohol sind die Hyphen blau,das Holz rot gefärbt.

2.10.3. Giemsafärbung zum Nukleinsäurenachweis

Handschnitte von Rindenmaterial wurden zwei Std. in einem Eisessig-Alkohol-Gemisch (1:1) fixiert, in Aqua dest. übertragen und sechs Minuten in 1N HCl bei 60°C hydrolysiert. Anschließend wurde in einer mehrfach gewechselten Pufferlösung von pH 7 ausgewaschen. Vier Stunden nach Anfärbung mit verdünnter Giemsalösung wurde öfters mit der Pufferlösung gespült. Bei positiver Reaktion färbt sich das nukleinsäurehaltige Material rotviolett an.

2.10.4. Nachweisreaktionen für Wundperidermbildung, Gerbstoffe und Lignin

Wundperidermbildung: Zum Nachweis von Suberin und Cutin wurden Mikrotomschnitte mit einer Lösung von Sudan IV versetzt, über kleiner Flamme erhitzt und mit Alkohol ausgewaschen. Bei positiver Reaktion werden Suberin und Cutin rot angefärbt.

Gerbstoffe: Das zu untersuchende Material wurde in 5% Kaliumbichromatlösung kurz aufgekocht. Eine intensiv braunorangegelbe Färbung der Zellinhalte und Zellwände zeigt Gerbstoffreaktion an.

Lignin: Man läßt eine alkoholische Phloroglucin-Lösung kurzfristig auf den Schnitt einwirken und saugt unter dem Deckglas einen Tropfen HCl hindurch. Dabei färben sich verholzte Elemente rot an.

2.11. Wachstumsgeschwindigkeit des Mycels und der Keimschläuche

In Abhängigkeit von den beiden wichtigsten Umweltfaktoren, der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit, wurden Versuche zur Keimschlauchbildung und zum Mycelwachstum von Discula campestris durchgeführt.

2.11.1. in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit

Walter (1931) versteht unter Hydratur den Wasserzustand einer Pflanze und nimmt als Maß dafür die relative Dampfspannung, welche der relativen Luftfeuchtigkeit entspricht. Sie entspricht dann 100%, wenn wasserdampfgesättigte Luft vorliegt oder sich ein Quellungskörper im Quellungsmaximum befindet.

Die Hydraturversuche wurden nach der von Walter (1924) entwickelten Methode durchgeführt. Auf gereinigte Glasscheiben (5 x 5cm) wurde ein Tropfen Malzgelatine (2% Malz, 10% Gelatine) gleichmäßig dünn verteilt. Mit einer Impföse wurde eine in flüssiger Malzlösung erstellte Sporensuspension auf das getrocknete Nährmedium aufgetupft und zur Verflüchtigung der Feuchtigkeit 30 Minuten gewartet.

Bei den Mycelwachstumsversuchen wurden bewachsene Malzgelatinehäutchen (Durchmesser 5mm) dem Nährsubstrat aufgedrückt.

Die beimpften Glasscheiben wurden auf runde Glasschälchen (Durchmesser 4cm, Höhe 2,5cm) gepreßt, deren Rand mit Exsikkatorfett eingestrichen worden war. In die Glasschälchen waren zuvor 15ml NaCl-Lösungen unterschiedlicher Konzentration und Aqua dest. eingefüllt worden. Die NaCl-Lösungen wurden gravimetrisch nach den Tabellen von Walter und Burcik (1950) hergestellt und in Schliffstopfenflaschen aufbewahrt. In dem freien Raum zwischen der Lösung und der Glasscheibe (Tiefe 6mm) stellt sich dann eine der Konzentration der Lösung entsprechende relative Dampfspannung ein. Während der Versuchsdauer wurden die Schälchen in einem Brutschrank bei 21°C aufbewahrt.

Bei diesen und den nachfolgenden Versuchen wurde nach sechs Tagen der Kulturdurchmesser durch zwei senkrecht aufeinanderstehende Linien nach Abzug des Inokulumdurchmessers bestimmt bzw. nach 24 Std. die Keimschlauchlänge von 50 Sporen. Diese zeitliche Begrenzung war deswegen erforderlich, weil unter optimalen Bedingungen das Mycel nach sieben Tagen den Rand der Petrischale erreicht und sich die Keimschläuche nach 24 Std. zu langen Hyphen entwickelt haben.

2.11.2. in Abhängigkeit von der Temperatur

Da Sporen von Discula in Aqua dest. schlecht keimen, wurde auf sterile Objektträger eine dünne Wasseragarschicht (1,5% Agar) aufgetragen und mit einer Sporensuspension benetzt.

Bei den Mycelwachstumsversuchen wurde in Petrischalen gefüllter Malzagar (2% Malz, 1,5% Agar) mit mycelbewachsenen Malzagarscheibchen beimpft.

Alle Proben wurden bei verschiedenen Temperaturen bebrütet, wobei teilweise Schwankungen von $\mp$ 1°C unvermeidlich waren.

3. Standortsbeschreibungen

Die Beschreibung und Untersuchung der Standortsverhältnisse soll helfen, einen möglichen Zusammenhang zwischen Standort und Spitzahornerkrankung zu erkennen. Von den erkrankten Beständen im Oberrheintal wurden für die Untersuchungen die Reviere Rust und Kappel des Forstamtes Ettenheim wegen ihrer bestandesbedrohenden Ausfälle ausgewählt.
Die Standortsangaben stammen aus den Operaten der örtlichen Forstämter und von einem pflanzensoziologischen Gutachten über die Donauauen (Seibert, 1971) sowie von eigenen Untersuchungen.

3.1. Das Wuchsgebiet

Die Flußlandschaften standen in ihrem ursprünglichen Zustand in enger Abhängigkeit von der Wasserführung und vom Grundwasserspiegel. Durch Flußregulierungen und Grundwasserabsenkungen wurde der Wasserhaushalt der Auen drastisch verändert. Je nach dem ursprünglich abgesetzten Material zeigen die Aueböden große Unterschiede in ihrem Wasserhaushalt und in ihrer Leistungskraft. Die für den Auewaldboden charakteristischen schroffen Standortsunterschiede -selbst auf kleinster Fläche- ändern die Wasserführung der Böden von Grund auf und lassen bei Grobsanden nur einen geringen kapillaren Aufstieg und bei Kies kaum mehr erwarten. Somit hat der Auewald im allgemeinen mehr Trockenstandorte als feuchte Lagen und nicht selten mehr Wassermangel als Wasserüberfluß (Bauer,1962).
Bei den vom Spitzahornsterben betroffenen Beständen handelt es sich um nicht mehr, oder um nur noch episodisch überflutete Standorte der Hartholzstufe. Während in den Rheinauen ein Grundwasseranschluß gegeben ist, wird durch den fehlenden bzw. den tiefanstehenden Grundwasserspiegel im Revier Hagenau die Wasserführung von der Höhe der Niederschläge und dem Wasserspeichervermögen des Bodens bestimmt. Ungewöhnlich niedrig ist die Niederschlagsmenge in dem Ingolstädter Becken. Es zählt mit 659mm zu den trockensten Gebieten in Bayern (BRD: 825mm).

Eine Bestimmung der am häufigsten vertretenen Bodenpflanzen (Tab.3) ergab für die Rhein- und Donauauen die für die Auewälder typische und artenreiche Bodenvegetation. Spärlich und artenarm ist hingegen die Bodenvegetation in den beiden Kleinbeständen der Amperaue. In einem Teil des

Tab. 3: Bodenvegetation an den Auestandorten

Bodenvegetation	Rheinaue		Donauaue		Amperau	
	Kappel	Rust	Grünau	Weichering	Hagena V1a=[1]	V2
Aconitum napellus L.			x			
Aegopodium podagraria L.	x	x	x	x		
Arum maculatum L.	x	x				
Asarum europaeum L.	x	x	x	x		
Brachypodium silvaticum (Hudson) Beauv.			x			
Calamagrostis arundinacea (L.) Roth.			x	x		
Carex brizoides Jusl.			x			
Catharinea undulata L.						
Colchicum autumnale L.	x	x	x	x		
Convallaria majalis L.	x	x	x	x		
Deschampsia caespitosa (L.) Beauv.			x		x	
Dryopteris felix-mas (L.) Schott						
Euphorbia amygdaloides L.	x					
Geranium sylvaticum L.					x	
Geum urbanum L.					x	
Hedera helix L.	x	x				
Impatiens parviflora L.					x	
Lamium maculatum L.	x	x	x	x		
Ligustrum vulgare L.	x		x	x		
Melica nutans L.	x	x	x	x		
Mercurialis perennis L.			x	x		
Oxalis acetosella L.					x	
Paris quadrifolia L.	x	x	x	x		
Pastinaca sativa L.					x	
Polygonatum multiflorum (L.) All.	x	x	x	x		
Primula elatior (L.) Hill.		x	x	x	x	
Rubus caesius L.					x	
Solidago gigantea Aiton	x					
Stachys sylvatica L.	x	x	x	x		
Urtica dioica L.					x	

Horstes am Standort Vb2$^{2}_{=}$ ist durch den sehr dichten Bestandesschluß und die daraus resultierende starke Beschattung nahezu keine Bodenvegetation vorhanden, während im anderen Teil des Horstes zahlreiche Spitzahorne abgestorben sind und so durch die Auflichtung den Bodenpflanzen ein besseres Wachstum ermöglicht wird.
Weiserpflanzen für Nährstoffreichtum (Impatiens parviflora L.,Stachys sylvatica L.,Lamium maculatum L. usw.) und Stickstoffanzeiger aus der Aegopodium-Gruppe (Aegopodium podagraria L.,Geranium robertianum L. und Urtica dioica L.) zeigen die Fruchtbarkeit dieser Böden an ("Arbeitskreis Standortskartierung",1978), so daß eine Beeinträchtigung der Bäume infolge Nährstoffmangels ausscheiden dürfte.

Die pH-Werte (Tab.4) für die Rhein- und Donauauenstandorte liegen im leicht alkalischen und zeigen Basenreichtum an. In den Amperauen liegt die Bodenreaktion am Standort V1a$^{1}_{=}$ im leicht sauren, am Standort V2b$^{2}_{=}$ in der obersten Bodenschicht im stark sauren und nimmt in den unteren Schichten an Acidität merklich ab.

Tab. 4: pH-Werte von Bodenproben aus verschiedenen Tiefen der Auestandorte

Bodenprobe (Tiefe in cm)	Amperaue		Rheinaue		Donauaue	
	Hagenau Standort		Rust	Kappel	Grünau	Weichering
	V2b$^{2}_{=}$	V1a$^{1}_{=}$				
5-10	3,45	6,30	7,50	7,55	7,58	7,72
25-35	4,35	6,43	7,5o	7,57	7,67	7,80
50-60	4,90	6,23	7,48	7,69	7,65	7,82

3.2. Standortsangaben zu den Revieren Rust und Kappel im Oberrheintal

1.Geologie und Böden

Geologie: Alluviale Sedimente

Böden: Rust: Hohe Hartholzaue mit tiefgründigem Lehmschlick, mehr als 1,5m über Sommer-Mittelwasser

Kappel: Tiefe Hartholzaue mit tiefgründigem Lehmschlick zwischen 0,8/1-1,5m über Sommer-Mittelwasser

Häufigster Bodentyp: Kalkpaternia

2.Exposition Rust und Kappel: Eben

3.Höhe Rust: 163m

Kappel: 159m

4.Bestandsbeschreibung

	Zusammensetzung	Alter	Bestockungsgrad
Rust	Spitzahorn 70 Bergahorn 20 Pappel 5,Esche 5 (As,Rob,Li,Str)	$\frac{15\text{-}30}{25}$ jährig	1,0
Kappel	Spitzahorn 40 Bergahorn 10 Li 25, Ul 15 Es 10,Kir 15	18jährig	1,0

5.Klimadaten Niederschlagsmenge: 928mm pro Jahr

in der Vegetationsperiode (V-VIII): 32%

Jahrestemperatur: über 9°C

in der Vegetationszeit (V-VIII): über 16°C

3.3. Standortsangaben zu den Revieren Grünau und Weichering in den Donauauen

1.Geologie und Böden

Geologie: Alluviale Sedimente

Böden: Tiefgründiger Schlick bis zur reinen Kiesbrenne mit allen Zwischenstufen,oft auf kleinster Fläche wechselnd,die Skala der lehmigen Oberschicht reicht vom lehmigen Feinsand bis zum tonigen Lehm

Angaben über die Grundwasserverhältnisse lagen nicht vor

Häufigster Bodentyp: Kalkpaternia

2. Exposition

Grünau und Weichering: Eben

3.Höhe

369-372m

4.Bestandsbeschreibung

Laubholzmischbestände mit Fichte (110,6 ha),Kiefer (143,1 ha) und europäischer Lärche (12,1 ha)

die Spitzahorne der beiden Reviere verteilen sich unregelmäßig über die ganze Fläche (1363 ha) und nehmen altersmäßig folgenden Flächenanteil ein:

1.Altersklasse: 11,3 ha bis 20jährige
2. " : 36,1 ha 21-40jährige
3. " : 1 ha älter als 40 Jahre

5.Klimadaten

Niederschlagsmenge: 659mm pro Jahr
in der Vegetationszeit: 233mm
Jahrestemperatur: 8,2°C
in der Vegetationsperiode: 16°C

3.4. Standortsangaben zum Revier Hagenau in den Amperauen

1.Geologie und Böden

Geologie: Fluviatile Ablagerungen aus Diluvium und Altalluvium

Böden: Standort V2b$^{2}_{=}$, mäßig frische, verlehmte, sandige Kiesböden ohne Grundwasseranschluß, örtlich schichtenweise hart verdichtet, Oberboden humos

Standort V1a$^{1}_{=}$, frische, stark verlehmte, sandige Kiesböden mit tiefanstehendem Grundwasserhorizont, Oberboden humos

Bodentyp: Graue (Paternia) bis braune Aueböden (Vega)

2.Exposition Eben

3.Höhe 420m

4.Bestandsbeschreibung

	Zusammensetzung	Alter	Bestockungsgrad
Standort V2b$^{2}_{=}$	0,35 ha jetzt: 60 Spitzahorne 40 Bergahorne einige Eschen, vereinzelt Buchen- und Fichtenunterstand, mehrere Kiefernüberhälter baum- bis truppweise gemischt Pflanzverband: 1,5 x 1m	15 Jahre	jetzt: 0,7
Standort V1a$^{1}_{=}$	0,025ha (Gruppe 15 x 15m) jetzt: 70 Spitzahorne 30 Bergahorne einzelner Buchenunterstand, baumweise gemischt Pflanzverband: 1 x 1m	15 Jahre	jetzt:0,9

5.Klimadaten

Niederschlagsmenge: 700-750mm
in der Vegetationsperiode: 389mm
Jahrestemperatur: 7,3°C
in der Vegetationsperiode: 14,5-15,5°C

4. Schadbilder und Krankheitsverlauf

Vergleichende Untersuchungen an den erkrankten Spitzahornen in den Rhein-,Donau- und Amperauen ergaben,daß verschiedene Schadbilder vorliegen. Die Krankheitssymptome lassen sich zum allergrößten Teil durch drei Schadbilder erfassen,die sowohl allein,aber auch kombiniert auftreten können.

4.1. Dunkle Rindenverfärbung an der Stammbasis

Das vorherrschende Schadbild in den Revieren Rust und Kappel äußert sich durch eine im Anfangsstadium von einer Stelle an der Stammbasis ausgehenden dunklen Rindenverfärbung,die sich hauptsächlich stammaufwärts vergrößert(Abb. 1).
Bei zahlreichen derart erkrankten Spitzahornen wurde die dunkel verfärbte Rinde angeschnitten und immer fand sich zwischen Holz und Rinde das weiße Fächermycel des Hallimasch (Abb. 2).
Während zu einem frühen Krankheitsstadium die dunkel verfärbte Rinde noch fest am Stamm haftet,sinkt diese später -beginnend am Stammfuß- ein,wird rissig und läßt sich dann leicht ablösen. Selbst im fortgeschrittenem Krankheitsstadium,wenn die Rinde bereits zu einem Drittel bis zur Hälfte des Stammumfangs und bis zu einer Höhe von einem halben Meter abgestorben ist,läßt sich eine deutliche Verlichtung im Kronenbereich nicht feststellen,wohl aber eine vorzeitige Laubverfärbung im Herbst.

Bei diesen stark geschädigten Bäumen handelt es sich um 18-30jährige Spitzahorne,das Alter der abgestorbenen dürfte zum Zeitpunkt des Absterbens etwa 18 Jahre betragen haben.An letzteren wurde oft noch bis zu einer Höhe von mehreren Metern Hallimaschmycel festgestellt.
Das Fortschreiten der Krankheit scheint sich relativ langsam zu vollziehen,da während eines zweijährigen Beobachtungszeitraums selbst an erheblich geschädigten Bäumen nur geringe Veränderungen auftraten.

4.2. Kronendürre

Mit dem Begriff Kronendürre wird das Endstadium einer Krankheit bezeichnet,bei der die Baumkrone auf einer Länge von mehreren Metern abgestorben ist. In dieses Schadbild werden auch von Totästen ausgehende Stammschädigungen eingeordnet,da sie bei Fortschreiten der Krankheit zur Kronendürre führen können.

Hauptsächlich in den Revieren Grünau und Weichering wurden inmitten kleinerer Spitzahorngruppen neben gesunden Bäumen und solchen mit Kronendürre auch einige Bäume mit unterschiedlich großen Rindenschäden um Totäste gefunden,die teilweise eine Länge bis zu einem Meter hatten. Die Mehrzahl der Rindenschäden trat an den durchschnittlich 12m hohen Spitzahornen zwischen sechs und neun Metern auf. Vor allem um kleinere Totäste im Kronenbereich waren häufig besonders starke Überwallungswülste ausgebildet. An den sehr eng gepflanzten Spitzahornen im Revier Hagenau wurden von Totästen ausgehende Stammschäden weniger häufig angetroffen.
Etwa ab Ende Juni war an einer Vielzahl von Baumarten eine vorzeitige Blattverfärbung mit nachfolgendem Blattfall zu beobachten. Da dieser Blattfall um so intensiver ist,je dichter die Bäume zusammenstehen, dürfte es sich um einen Schattierungseffekt handeln. Ein Übergreifen der Absterbeerscheinungen auf die Äste wurde nicht festgestellt. Auch die für Verticillosen typischen Welkeerscheinungen und Schlaffwerden der Blätter konnten nicht beobachtet werden.

4.3. Schwarze Rindenflecken

Bei der mit Abstand verbreitetsten Krankheitserscheinung handelt es sich um das Auftreten von Rindennekrosen mit schwarzen Flecken (Abb. 3). Die schwarzen Flecken treten sowohl einzeln auf,meist sind es aber mehrere bis zahlreiche,die sich unregelmäßig über die Rinde im unteren Stammbereich verteilen. Ab einer Stammhöhe von zwei Meter nimmt ihre Zahl deutlich ab. In größerer Höhe wurden sie nur in Astgabeln von einem Spitzahorn gefunden,ferner an einem absterbenden Trieb im oberen Kronenbereich.
Die Flecken sind von rundlicher oder länglicher Gestalt und ihre Größe reicht von einem Millimeter bis zu mehreren Zentimetern. Relativ häufig treten sie an Spitzahornen mit den beiden zuvor genannten Schadbildern auf. Bei den von Hallimasch geschädigten Spitzahornen kommen sie oft gehäuft um die Schadstelle vor und reichen nur ein bis wenige Millimeter tief in die ziemlich dicke Rinde der 25jährigen Bäume. Deshalb dürften sie keine nennenswerte Schädigung für das Rindengewebe dargestellt

haben. An Spitzahornen unter zehn Jahren treten sie nicht auf. Schwarze Rindenflecken wurden auch an älteren, etwa 40-50jährigen Spitzahornen an anderen Standorten gefunden.
Im Gegensatz zu den Beobachtungen von Olberg-Kallfass konnte während eines vierjährigen Beobachtungszeitraums ein Absterben der Bäume selbst bei größerer Ausdehnung des abgestorbenen Rindengewebes nicht beobachtet werden. Durch abgestorbene Rinden- und Holzpartien entstandene Wunden werden durch Bildung seitlicher Überwallungswülste und Wundholz geschlossen. Bohrlöcher, Larvengänge und Insektenbefall wurden an den geschädigten Spitzahornen nicht festgestellt.

4.4. Sonstige Schäden

Durch die drei aufgeführten Schadbilder werden die für das "Spitzahornsterben" charakteristischen Krankheitssymptome erfaßt. Andere Schadbilder beschränken sich auf Einzelindividuen und wurden deswegen nicht in die Untersuchungen nicht miteinbezogen. Ein weiteres, nur gelegentlich auftretendes Schadbild stellen schmale, gleichmäßige, bis zu zwei Meter lange, in Überwallung begriffene Rindenrisse dar. Sehr wahrscheinlich handelt es sich hierbei um Frostschäden.

5. Beschreibung der erkrankten Bestände und Verteilung der Schadbilder

Zunächst wurde versucht,einen Überblick über Art und Ausmaß der Schäden in den Beständen zu gewinnen,um auf Grund von Gemeinsamkeiten und Unterschieden erste Hinweise auf eine Einwirkung durch abiotische oder biotische Faktoren zu bekommen.
Bei den erkrankten Beständen handelt es sich ausschließlich um Pflanzungen. Sie sind gebietsweise gleich alt und wurden entweder als Spitzahornreinbestände begründet oder ihnen waren andere Baumarten beigefügt worden.

5.1. Reviere Rust und Kappel

Bei den Beständen in den beiden Revieren handelt es sich um ausgedehnte Laubholzmischbestände,in denen der Spitzahorn häufig anzutreffen ist. Erkrankt sind Bäume im Alter zwischen 15 und 30 Jahren,während jüngere Spitzahornbestände befallsfrei sind. Mit Ausnahme der Ulmen,die von Ceratocystis ulmi befallen sind,weisen alle anderen Baumarten keine Schäden auf.

Das Spitzahornsterben tritt in den kalkreichen Rheinauewaldungen der Distrikte Rust III/10 und Kappel-Grafenhausen III/7 auf,nicht aber in den westlich davon gelegenen ,durch die Schwarzwaldzuflüsse geprägten, kalkarmen Flußauewaldungen der Distrikte Kappel IV und V,Rust I und II sowie Ringsheim II. Bei diesen fünf Distrikten handelt es sich um jüngere,nicht durchforstete Bestände.

Das häufigste Schadbild stellt eine dunkle Rindenverfärbung an der Stammbasis dar,die bei größerer Ausdehnung den Ausfall des Baumes zur Folge hat. Neben einer Reihe abgestorbener Spitzahorne fielen zahlreiche Haselwurzelstocke auf,die trotz Hallimaschbefall noch austreiben.
Eine Schwerpunktbildung hinsichtlich der Zahl der erkrankten und abgestorbenen Spitzahorne war an dem Standort III/10 im Revier Rust vorhanden. Durch Fällung einer Reihe etwa 18jähriger Spitzahorne entstand eine größere Lücke im Bestandesgefüge. Die restlichen Spitzahorne weisen größtenteils erhebliche,vom Stammfuß ausgehende Rindenschäden mit Rhizomorphenbesatz am freiliegenden Stammholz auf,während

die gleichaltrigen Bergahorne unversehrt sind. Eine zahlenmäßige Erfassung der erkrankten und abgestorbenen Spitzahorne war wegen der Größe der Auewälder nicht möglich. Aufgrund einer Durchforstung und der wechselnden Zahl der erkrankten Spitzahorne und der von Hallimasch besiedelten Haselwurzelstöcke,welche für das Zustandekommen der Erkrankung von Bedeutung sind,hätte selbst die Aufnahme von Teilflächen nur einen nicht repräsentativen Teilaspekt ergeben.

Rindennekrosen mit schwarzen Flecken konnten im Revier Kappel trotz intensiver Suche nur an zwei Spitzahornen gefunden werden. Sie beschränkten sich auf den äußeren Teil der Rinde und wurden ausgeschnitten. Bei der Besichtigung ein Jahr später hatten sich die Wunden ohne Anzeichen einer weiteren Verfärbung geschlossen.
Im Revier Rust hingegen traten schwarze Flecken häufiger,vor allem an Spitzahornen mit größeren Rindenschäden an der Stammbasis auf.
In beiden Revieren wurden relativ wenige Spitzahorne mit abgestorbener Baumkrone gefunden.

5.2. Reviere Grünau und Weichering

In beiden Revieren sind zwei Schadbilder vertreten,nämlich Rindennekrosen mit schwarzen Flecken und Absterbeerscheinungen im Stamm- und Kronenbereich,die an einer Reihe von Spitzahornen zum Absterben der Krone geführt haben. Beide Schadbilder kommen sowohl getrennt,häufig aber auch vergesellschaftet vor. Dabei treten Schäden in Spitzahornreinbeständen häufiger auf als in Mischkulturen,wobei wiederum Schäden -hauptsächlich die im Kronenbereich- in den dichtgeschlossenen Beständen nesterweise,in den aufgelockerten Beständen mehr einzelstammweise vorkommen.
Entdeckt wurden die erkrankten Bäume im Revier Grünau 1972,im Revier Weichering 1976. Neuerkrankungen bzw. ein Fortschreiten der Schäden im Kronenbereich konnten während eines vierjährigen Beobachtungszeitraums nicht festgestellt werden. Demgegenüber nahm die Zahl der Rindennekrosen mit schwarzen Flecken -verglichen mit den Vorjahren- 1981 eher zu als ab.

5.3. Revier Hagenau

Die Bestände mit den erkrankten Spitzahornen des Reviers Hagenau stocken in der Amperniederung hinter Langenbach südwestlich von Moosburg. Bei den kleinbestandsweise,in Reihen gepflanzten,inselartig liegenden,teilweise von Fichtenbeständen umgebenen Bäumen handelt es sich um einen Horst am Standort V2b$^{2}_{=}$ und um eine Gruppe am Standort V1a$^{1}_{=}$. Obwohl die Kleinbestände nur einige hundert Meter voneinander entfernt sind,liegen verschiedene Krankheitsbilder vor.

Im Horst ist bei einer Reihe von Spitzahornen die Baumkrone abgestorben, die der Gruppe weisen Rindennekrosen mit schwarzen Flecken auf. Eine Zählung und Bonitierung aller Bäume der Gruppe und von einem Teil des Horstes erbrachte folgendes Ergebnis:

a) Gruppe

Baumart	Anzahl			
	Bäume	gesund	abgestorben	Rindennekrosen mit schwarzen Flecken
Spitzahorn	62	49	7	6
Bergahorn	49	48	1	-

Die Zahl der schwarzen Rindenflecken betrug 1979 - 6
1980 - 1
1981 - 2

Bei den offensichtlich unter Lichtmangel leidenden Bäumen sind die Äste bis dicht unter das geschlossene Kronendach abgestorben. Nur die Bäume an den Bestandesrändern tragen auch im mittleren und unteren Stammbereich Äste mit Blättern.

b) Horst

Am Standort V2b$^{2}_{=}$ sind in der südlichen Hälfte des Horstes erheblich mehr Spitzahorne abgestorben als im nördlichen Teil,wobei wiederum die Ausfälle der unmittelbar an die Fichten angrenzenden Spitzahorne noch höher sind . Deswegen wurden Erhebungen für beide Hälften der in Reihe gepflanzten Bäume durchgeführt. Jeweils wurden die Bäume von vier Reihen gezählt und bonitiert.

	Baumart	Anzahl			
		Bäume	gesund	abgestorben	Kronendürre
Nördlicher Teil	Spitzahorn	162	135	20	7
	Bergahorn	14	11	3	-
	Esche	28	23	5	-
	sonstige	3	3		
Südlicher Teil	Spitzahorn	131	52	71	8
	Bergahorn	12	11	1	-
	Esche	40	37	3	-

Die Zahl der abgestorbenen Spitzahorne dürfte im südlichen Teil noch größer gewesen sein,da bei einem Teil der umgestürzten Spitzahorne deren Reihenzugehörigkeit nicht mehr bestimmt werden konnte. Alle abgestorbenen Bäume sind von Armillaria besiedelt und meterlange Rhizomorphen durchziehen das Erdreich.
1981 wurden an einem Spitzahorn zahlreiche,sehr kleine Rindennekrosen mit schwarzen Flecken festgestellt.

Tab. 5 gibt eine zusammenfassende Übersicht über die geographische Verteilung und die Häufigkeit der drei Schadbilder an Spitzahorn. Das am jeweiligen Standort am häufigsten vorkommende Schadbild wird in der Tabelle als Hauptschaden aufgeführt.

Nach der geographischen Verteilung der Schadbilder beschränkt sich das Auftreten der Rindenverfärbung an der Stammbasis auf die beiden Reviere im Oberrheintal,so daß hier regional bedingte Ursachen zu vermuten sind. Die beiden anderen Schadbilder verteilen sich mit wechselnder Häufigkeit auf alle Standorte; deshalb dürften diesen Schäden überregionale Ursachen zugrunde liegen. Eine Ausnahme stellt der Bestand am Standort $V2b^{2}_{=}$ insofern dar,als daß nur an einem Spitzahorn schwarze Flecken bisher aufgetreten sind und vergleichsweise ungewöhnlich viele Spitzahorne abgestorben sind und viele.eine Kronendürre aufweisen. Diesen Symptomschwerpunkt gilt es in Hinblick auf die Klärung der Krankheitsursache zu nutzen.

Tab. 5 Geographische Verteilung und Häufigkeit der drei Schadbilder des "Spitzahornsterbens"

Untersuchungs-gebiet	Revier	Rindenverfärbungen an der Stammbasis	Kronendürre	Rindennekrosen mit schwarzen Flecken
Oberrheintal (Ettenheim)	Kappel	Hauptschaden	vereinzelt	vereinzelt
	Rust	Hauptschaden	vereinzelt	deutlich
Donauaue (Ingolstadt)	Grünau	-	deutlich	Hauptschaden
	Weichering	-	deutlich	Hauptschaden
Amperaue (Moosburg)	Hagenau Standort V1a[1]	-	ein Baum	Hauptschaden
	Hagenau Standort V2b[2]	-	Hauptschaden	ein Baum

6. Krankheitsursachen

6.1. Dunkle Rindenverfärbung an der Stammbasis

Zur Untersuchung der Schadursache wurde ein 15jähriger Spitzahorn ausgesucht, an dessen Stammfuß eine 28cm hohe und 11cm breite, dunkle Rindenverfärbung vorhanden war (gemessen über der Erdoberfläche). Auch bei diesem Baum wurde nach Abschneiden der verfärbten Rinde das für Hallimasch typische Fächermycel festgestellt. Die Wurzelstockausgrabung ergab, daß von den vier Hauptwurzeln drei mittelstarke keine Schäden aufwiesen, die sehr starke vierte hingegen war abgestorben. Ausgehend von der Wurzeleintrittsstelle in den Stock war die Stammrinde dunkel verfärbt und ergab so über der Erdoberfläche das charakteristische Schadbild an der Stammbasis.
Die abgestorbene Hauptwurzel hatte eine Länge von 3,10m und lief in einer Entfernung von 2,50m -vom Stamm aus gerechnet- seitlich unter einem von Hallimasch besiedelten Haselwurzelstock hindurch. In diesem Bereich gab es auf einer Länge von 50cm enge Wurzelkontakte zwischen denen der Hasel und des Spitzahorns, die an letzterer zu erheblichen Quetschungen und Verformungen geführt hatten. Jenseits der Wurzelquetschungen konnte in distaler Richtung das Hallimaschmycel nicht festgestellt werden, wohl aber in proximaler Richtung durchgehend bis zum Stamm.

Ein Längsschnitt durch das Zentrum des Wurzelstocks, welcher die abgestorbene Hauptwurzel tangierte, ergab eine von dieser Wurzel ausgehende Stammfäule, die in diesem Bereich gut die Hälfte des Stammdurchmessers einnimmt und durch eine grünlich-braune Zone scharf gegen das Holz abgegrenzt wird (Abb. 4). Ob die weit fortgeschrittene Fäule noch durch Kompartimentierung abgeriegelt werden kann, ist ungewiß. Bei einer weiteren Wurzelstockausgrabung wurde der gleiche Sachverhalt festgestellt.
Aufgrund der beiden Wurzelstockausgrabungen wird für das Infektionsgeschehen ein Zusammenhang zwischen von Hallimasch besiedelten Stubben und der in unmittelbarer Nähe befindlichen Spitzahorne vermutet. Wegen der großen Entfernung zu den Untersuchungsflächen und den zeitrauben-

den und mühevollen Grabungen sollte eine Überprüfung dieser Beziehung genügen. Dabei mußten folgende Kriterien erfüllt werden:

- dunkle Rindenverfärbung am Stammfuß mit darunter befindlichem Hallimaschmycel
- eine unterhalb der Rindenverfärbung eintretende, von Hallimasch besiedelte Hauptwurzel
- Kontakt dieser Wurzel mit Stubben

Bei sieben Grabungen konnte in allen Fällen dieser Sachverhalt festgestellt werden (Tab. 6). Lediglich bei Baum zwei war die Infektionsübertragung durch eine eng unter dem Spitzahornwurzelstock angepreßte Haselwurzel erfolgt.

Tab. 6: Zusammenfassende Übersicht über die Abstände zwischen von Armillaria besiedelten Stubben und geschädigten Spitzahornen, die Größe der Rindenschädigung am Spitzahorn und die Art der Infektionsquelle

Baum-Nr.	Größe der Rindenverfärbung am Spitzahorn (cm)	Art der Infektionsquelle	Abstand zwischen Spitzahorn und Stubben (m)
1	8 x 4	Hasel	1,20
2	11 x 5	"	0,80
3	16 x 12	"	1,40
4	18 x 11	unbekannt	1,10
5	10 x 8	Hasel	2,50
6	20 x 10	"	0,68
7	25 x 18	"	1,25
8	10 x 7	"	1,40
9	28 x 11	"	2,50

Bei Baum 8 und 9 handelt es sich um die oben aufgeführten Wurzelstockausgrabungen. Bei Baum 4 konnte die Artzugehörigkeit des unterirdischen, stark von Weißfäule befallenen Holzteiles nicht bestimmt werden.

Aufgrund dieser Befunde darf angenommen werden,daß bei den Spitzahornen mit dem selben Schadbild der gleiche Sachverhalt gegeben ist. Auf der Suche nach einem möglichst frühen Infektionsstadium wurde der Wurzelstock eines gesund aussehenden Spitzahorns,der sich in Nachbarschaft zu einem Haselwurzelstock befand,ausgegraben und auf Hallimaschbefall untersucht. Nur an der unter dem Haselwurzelstock verlaufenden Spitzahornwurzel wurden zwei enganliegende Rhizomorphen gefunden,die am Wurzelhals des Spitzahorns verankert waren ohne infiziert zu haben. Wurzelkontakte zwischen Spitzahorn und Hasel waren nicht vorhanden.

Für den Spitzahornbefall durch Armillaria mellea dürften der hohe Infektionsdruck,bedingt durch die reichlich vorhandenen Stubben,und die durch Wurzelkontakte hervorgerufenen Verletzungen zwei wichtige Faktoren darstellen.

6.2. Kronendürre

Die Ergebnisse in diesem Teil der Arbeit beruhen auf Beobachtungen und Erhebungen an stehenden Bäumen sowie auf der Entnahme ausgewählter Probebäume. Da zum Zeitpunkt der Untersuchungen bei der überwiegenden Mehrzahl der absterbenden Spitzahorne der obere Baumteil abgestorben war, wurde untersucht, ob dem Absterben der Krone ein einheitliches Krankheitsgeschehen zugrunde liegt. Folgende Kriterien sprechen für die Annahme, daß die Krankheit von verschiedenen Baumteilen ihren Ausgang genommen hat.

	Revier Hagenau Standort V2b$^{2}_{=}$	restliche Reviere
Verteilung der Spitzahorne mit Kronendürre im Bestand	größtenteils flächenmäßig	mehr nester- und einzelstammweise
Unterschiede im Höhen- und Dickenwachstum gegenüber den gesunden	deutlich	gering
Überwallungsansätze um Äste im abgestorbenen Kronenbereich	meist fehlend	öfter vorhanden
Zustand der abgestorbenen Baumspitze	oft abgebrochen vermorscht	nicht brüchig

Aus den aufgeführten Gegenüberstellungen und dem Auffinden von Bäumen mit Schäden im Stamm- und Kronenbereich leitet sich die Folgerung ab, daß bei der Mehrzahl der absterbenden Spitzahorne im Revier Hagenau, Standort V2b$^{2}_{=}$, die Krankheit ihren Ausgang von der Baumspitze genommen hat, bei den Bäumen in den anderen Revieren über Totäste im oberen Stamm- und Kronenbereich.

Wegen der fortgeschrittenen Schäden wurden Untersuchungen hauptsächlich an Spitzahornen mit von Totästen ausgehenden Stammschäden bei intakter Baumspitze durchgeführt.

Stammlängsschnitte durch die Ansatzstelle von Totästen mit Rindenschäden im Stammbereich lassen erkennen, daß von ihnen bräunlich-grüne Verfärbungen ins Holz hineinreichen (Abb. 5).

Bei den Totästen im Stammbereich handelt es sich wahrscheinlich um das Ergebnis einer natürlichen Astung,da an der Astbasis eine dunkle Schutzzone ausgebildet wurde. Den im Kronenbereich abgestorbenen Ästen fehlt die dunkle Schutzzone. Eine Schädigung durch abiotische Faktoren ist deswegen auszuscheiden,weil die Totäste von lebenden Ästen umgeben sind. Deshalb wird als Ursache für deren Absterben ein Angriff durch Pathogene vermutet. Den von Totästen ausgehenden Stammschäden ist gemeinsam,daß die längliche Ausdehnung der Holzschäden immer größer ist als die der zugehörigen Rindenschäden. Dabei sind wiederum die Rinden- und Holzschäden im Kronenbereich fast immer größer als die im Stammbereich.
Eine ernsthafte Gefährdung der Bäume ist dann gegeben,wenn sich die Rinden- und Holzschäden von zwei Totästen überlappen,insbesondere dann, wenn die Schäden von einander gegenüberliegenden Totästen ausgehen. Bei stammumfassenden Rindenschäden oder wenn die Fäule das Stammholz in seiner gesamten Breite einnimmt,stirbt der darüberliegende gesunde Kronenteil zwangsläufig ab. Derart weit fortgeschrittene Schäden,die kurz vor Vollendung dieses letzten Stadiums standen,wurden im Kronenbereich von einigen Spitzahornen festgestellt.
Von dünnen Totästen im Kronenbereich ausgehende Holzschäden sind meist von größerer Ausdehnung als bei stärkeren Totästen (Abb. 6). Auch sind die Überwallungswülste um dünnere Totäste mächtiger entwickelt als um dickere Äste. Diese Beobachtung deutet auf einen kurzen,aber heftigen Krankheitsverlauf hin.

Die Verteilung und die Größe der von Totästen ausgehenden Schäden sei am Beispiel eines Baumes aus dem Revier Weichering dargestellt. Der gefällte Stamm wurde in Teilstücke zerlegt und so aufgeschnitten, daß die radialen Längsschnitte durch die Astansatzstellen liefen. Gemessen wurde die axiale Ausdehnung der Rinden- und Holzschäden;bei ersteren zusätzlich deren Umfang,bei letzteren die Länge zwischen zwei Totästen (eine Bestimmung der verfärbten Holzfläche in Höhe der Astansätze war aus technischen Gründen nicht möglich) sowie die Höhe der Astansatzstellen (Tab. 7).

Tab. 7: Verteilung und Größe der von Totästen ausgehenden Rinden- und Holzschäden

Höhe des Astansatzes (m)	Größe der Rindenschäden (cm)	Stammumfang (cm)	Größe der Holzschäden (cm)		Stammdurchmesser (cm)
			vertikal	radial zwischen Totästen	
6,22	6 x 3,1	13,5	16	2,1	4,1
6,57	21 x 2,8	13,5	32,7	2,2	4
7,54	104 x 8,5	11,6	87	3,6[x]	3,6
7,89	17 x 3,6	11,2	26	1,3	3,4
8,51	14 x 2,8	9,7	24	1,3	3,1
8,91	4,5 x 2	9,6	11,3	0,9	3,1

Durch Überlappung mehrerer Einzelschäden war die Stammrinde bis auf einen wenige Zentimeter breiten Streifen zwischen 6,75 und 7,79m abgestorben. Das größte Schadensausmaß befand sich in 7,54m Höhe und war durch Vereinigung der Rinden- und Holzschäden von zwei gegenüberliegenden Totästen entstanden.

[x] Bis auf einen kleinen, seitlich zwischen den beiden Totästen befindlichen Sektor war das Holz auf dem restlichen Stammquerschnitt dunkel verfärbt.

Gegenüber den anderen Spitzahornen zeigte der Baum eine vorzeitige Laubverfärbung. Man darf annehmen, daß bei diesem schwer geschädigten Baum in absehbarer Zeit die intakte Krone abgestorben wäre.

Zur Ermittlung der in der Randzone des verfärbten Rinden- und Holzbereiches vorkommenden Pilze wurden Abimpfungen durchgeführt (Tab. 8). Bei den Isolierungen zeichnete sich ein gehäuftes Vorkommen einer Pilzart pro Schadstelle ab (die Vielzahl der Schadstellen erforderte eine summarische Zusammenfassung). So wurde beispielsweise aus dem Holz von Baum 10 von den beiden häufiger vorkommenden Pilzen aus der einen Schadstelle nur der Stamm G10/51$_1$, aus der anderen Cylindrocarpon mali isoliert.

Bei den Abimpfungen aus dem Holz trat Discula campestris zahlen- und verteilungsmäßig am häufigsten auf,bei den Rindenabimpfungen dominierte Cytospora ambiens. Die beiden Pilze können Primärschädlinge sein oder sich lediglich gegenüber Konkurrenten durchgesetzt haben. Für die Rindeninokulationen wurden die häufiger isolierten Pilzarten verwendet.

Auch aus dem Holz von fünf Spitzahornen mit Kronendürre wurden Abimpfungen vorgenommen. Aus 101 Abimfungen wurde ein unbekannter Basidiomycet 40mal,Phomopsis spec. 12mal und 25 weitere Pilze isoliert. Bei der Holzbesiedlung scheint dem unbekannten Basidiomyceten eine größere Bedeutung zuzukommen.

Für die Mehrzahl der von der Kronendürre betroffenen Spitzahorne im Revier Hagenau,Standort V2b$^{2}_{=}$,wird aufgrund der aufgeführten Kriterien ein von der Baumspitze ausgehendes Absterben vermutet. Dem Absterben der Bäume scheint wegen deutlicher Höhen- und Dickenunterschiede gegenüber den gesunden bereits ein jahrelanges,verlangsamtes Wachstum vorausgegangen zu sein. Hinsichtlich der Ursachen wird ein Zusammenwirken mehrerer ungünstiger Standortsfaktoren (hohe Bodenacidität, Dichtstand gleichaltriger Bäume,fehlender Grundwasseranschluß,starke Verdichtung) vermutet,wobei durch die Trockenperioden der siebziger Jahre letztendlich das Absterben der Bäume ausgelöst worden sein dürfte.

Tab. 8: Ergebnis der Abimpfungen der von Totästen ausgehenden Stammschädigung

Probe-nahme	Baumherkunft und Nummer	Anzahl																		
		Schadstellen	Proben	isolierte Pilze																
				Discula campestris	Fusarium lateritium	Fusarium spec.	Cytospora ambiens	Cryptosporiopsis spec.	Phomopsis spec.	Leptosphaeria vagabunda	Diplodia atrata	Phialophora spec.	L9/48$_{4b}$	G10/51$_1$	Cylindrocarpon mali	Basidiomycet	Acremonium strictum	L7	L9$_1$	sonstige
I. Verfärbtes Holz	Weichering 1	5	72	13	9		4	3	3	6						3	8			19
	Hagenau 2	2	44		2	1						1				3		19	11	3
	Weichering 3	3	51	10	2		2	1		2										13
	Weichering 4	1	17	11			1	3												
	Weichering 5	2	47	1	2							20				1				2
	Weichering 6	1	14						2							6	1			
	Grünau 8	2	24																	2
	Grünau 10	2	151	3							4		5	46	27					6
	Hagenau 16	1	17	12																2
	gesamt	19	437	50	15	1	7	7	5	8	4	21	5	46	27	13	9	19	11	47
II. Verfärbte Rinde	Weichering 1	3	19			1	5													3
	Hagenau 2	1	12			2												4		3
	Weichering 3	2	19	1		1	8													
	Weichering 4	1	9				3													
	Weichering 5	1	8	2			1													
	Grünau 10	2	28			2								4	5					9
	gesamt	10	95	3		6	17							4	5			4		15

6.3. Schwarze Rindenflecken

6.3.1. Bezeichnung des Schadbildes

Die an verschiedenen Baumarten auftretende,pauschal als Schleimflußkrankheit bezeichnete Erscheinung bedarf vorab zur Kennzeichnung dieses Schadbildes an Spitzahorn einer Begriffsbestimmung.
Bei den von Ludwig (1896) und Stautz (1931) beschriebenen Schleimflüssen an Ahorn und anderen Baumarten handelt es sich um echte Schleime mit zähflüssiger Konsistenz und meist üblem Geruch,die verschiedentlich auch von Schaumgärung begleitet werden,oder um einen ursprünglich klaren Flüssigkeitsaustritt,der durch Besiedlung von Mikroorganismen sehr schnell diese Eigenschaften annimmt.

Davon unterscheidet sich eindeutig,trotz gleicher Bezeichnung,Flüssigkeitsaustritt,dem trotz Kontaminationen die Gärigkeit und die Zähflüssigkeit fehlt. Somit beruht die Schwarzfärbung der austretenden Flüssigkeit und damit auch die der Rinde nicht auf der Einwirkung von Mikroorganismen.

Wegen der Rindenschäden wäre die Bezeichnung "Spitzahornrindennekrose" gerechtfertigt,doch es soll wegen dem besonders auffälligen äußeren Erscheinungsbild die Bezeichnung schwarze Rindenflecken verwendet werden.

6.3.2. Untersuchung der Spitzahornrinde auf anatomische Besonderheiten

Die Kenntnis des anatomischen Aufbaus der Spitzahornrinde könnte Aufschluß über Besonderheiten der Rindenstruktur geben,die -beispielsweise wie die Sklerose-Baststrahlen von Fagus sylvatica L. (Braun,1976)- bei Verletzungen eine Abriegelung der Rindenschäden behindern könnten.
Nach den Untersuchungen von Holdheide (1950) und eigenen Beobachtungen stellen die sklerenchymatischen,konzentrisch geschichteten Bastfaserbänder eine solche Besonderheit dar. Sie kommen in ziemlich geschlossenen,30-70µm breiten Gürteln vor und werden an den Durchlaßstellen der Markstrahlzellen oft sehr genau durch kleinzellige Sklereiden ergänzt.
In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt,daß entgegen der Feststellung von Holdheide,aber in Einklang mit den Angaben von Möller (1882) das Vorkommen von Steinzellplatten bestätigt werden kann.

6.3.3. Entstehung der schwarzen Rindenflecken

Aus einem Längsriß in der Rinde,der meist sehr klein,selten auch bis zu einem Zentimeter groß sein kann,sickert eine leicht braun verfärbte Flüssigkeit,die durch Verdunstung eingedickt wird (Abb. 7). Einige Zeit nach Beendigung des Flüssigkeitsaustritts kommt es unter der Einwirkung von Umwelteinflüssen in dem Überzug zu Spannungen und schließlich zu Rissen. Infolgedessen bricht die schwarzverfärbte Fläche krustenartig auf und blättert nach und nach ab.

In keinem einzigen Fall nahm die Flüssigkeit eine zähe Konsistenz an und auch eine Besiedlung durch Mikroorganismen fand nicht statt. Die Dunkelfärbung der Flüssigkeit wird auf die Wirkung von Polyphenoloxidasen zurückgeführt,welche die in der Flüssigkeit befindlichen phenolhaltigen Substanzen oxidieren (mündliche Mitteilung von Frau Dr. Bladt, chem.-pharmazeutisches Institut München).

6.3.4. Mikroskopische und makroskopische Untersuchungen

Die Größe der schwarzen Rindenflecken erlaubt keine allgemeingültige Aussage über Ausmaß und Tiefe der Rindenschäden. Meist nimmt das darunterliegende,dunkel verfärbte Gewebe eine größere Fläche ein als aufgrund der Größe der Rindenschwarzfärbung zu erwarten wäre. Wenn die Rinde unter den schwarzen Flecken eingedellt ist,dann reichen die Nekrosen bis in tiefere Rindenschichten und greifen oft auch auf das Holz über. Bei den nicht bis zum Kambium reichenden Schäden wird das nekrotisierte Gewebe durch ein Innenperiderm vom gesunden Gewebe abgegrenzt (Abb. 8).

An die quadratischen Korkzellen des Innenperiderms schließt zum nekrotisierten Gewebe hin eine stark dunkelbraun verfärbte Zone an. Die in dieser Zone liegenden Zellen sind mit Ausnahme der Bastfasern und der Steinzellen mit einer bräunlich hyalinen Substanz gefüllt,welche den gleichen Farbton wie die dem Phellem des Oberflächenperiderms aufsitzenden Krusten aufweisen. Wahrscheinlich handelt es sich hierbei um Phlobaphene.

Bei den braungefärbten körnigen Einlagerungen in den Zellen im abgestorbenen Rindenbereich dürfte es sich um koagulierte oder umgewandelte Zellinhaltsstoffe handeln (Abb. 9).

Elektronenmikroskopische Untersuchungen[x] scheinen diese Vermutung zu bestätigen (Abb. 10). Anfärbungen mit Jod-Jodkalium zum Stärkenachweis verliefen negativ. Da auch Verdacht auf Befall durch Rickettsien oder Mykoplasmen bestand,wurde eine Anfärbung auf Nukleinsäuren nach Giemsa durchgeführt. Der Test verlief negativ.

Zusätzlich zu den histologischen Abwehrreaktionen laufen chemische Reaktionen ab. Nach beendetem Flüssigkeitsaustritt füllt sich der Rindenriß mit einer weißen,amorphen Substanz (Abb. 7). Auf der Rückseite der sich abhebenden,nekrotisierten Rinde häufen sich bisweilen beträchtliche Massen dieser Substanz an. Ferner treten auf der Rindenrückseite,einzeln oder zahlreich,Kugeln aus erhärtetem Wundgummi auf (Abb. 11).

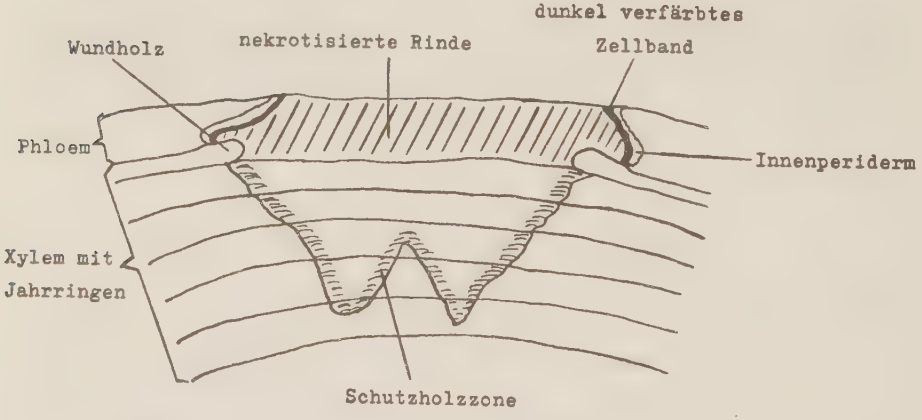
---

[x] Die Proben wurden gefriergetrocknet,im Hochvakuumverdampfer mit einer Goldschicht versehen und am Rasterelektronenmikroskop (Type Mark 2A,Cambridge Instrument) untersucht

Hyphen wurden im abgestorbenen Rindenbereich meist in den Rindenmarkstrahlzellen festgestellt und läßt vermuten,daß das Vordringen der Pilze hauptsächlich über diese erfolgt.

Größere,bis ins Holz reichende Schäden sind im peripheren Rindenbereich von runder Gestalt,verschmälern sich und laufen im äußeren Holz aus (Abb. 12).

Abb. 12: Schematische Darstellung einer tiefreichenden Rinden- und Holzschädigung (Querschnitt)



Das abgestorbene Gewebe wird im Rindenbereich durch ein Innenperiderm, im Holzteil durch eine dunkle Reaktionszone begrenzt. In diesem auch als Schutzholz bezeichneten Bereich (Frank,1884) sind die Zellumina mit bräunlichen Inhaltsstoffen angefüllt. Der Zellwandinnenseite der Tracheen und Tracheiden lagern feinkörnige,gummiähnliche Substanzen auf,die auch durch Zusammenballung scheibenartig nach oben gewölbt die Zellumina verstopfen. Der Nachweis auf Wundgummi mittels der Phloroglucinreaktion war positiv. Thyllenbildung sowie Hyphen wurden in den wasserleitenden Zellelementen nicht festgestellt. Es liegt also keine Tracheomykose vor.

Bei diesen größeren Schäden werden die Wunden durch abnorm gebildetes Holz,das Wundholz (Küster,1925), und Bildung seitlicher Überwallungswülste geschlossen. Die im Holz zurückbleibenden Verfärbungen -aus

kleineren Holzschäden resultiert die typische T-Form- erlauben rückwirkend den Zeitpunkt der Erkrankung festzustellen.

Die innerhalb der schwarzen Rindenflecken liegenden,meist sehr kleinen Rindenrisse können sowohl Ursache als auch Folgeerscheinung der Rindenschädigung sein.
Bei ersterer Annahme könnten tangentiale Zugspannungen, bedingt durch das sekundäre Dickenwachstum,zu den Rissen geführt haben. Um festzustellen,ob außer den Rindenrissen noch äußere Einwirkungen vorhanden sind,wurden von sehr kleinen Rindennekrosen mit schwarzen Flecken Serienschnitte am Schlittenmikrotom hergestellt.Wegen der Größe der Proben waren diese schlecht zu schneiden,häufig brachen Teile aus und Schnitte gingen verloren. Zwar wurden keine äußere Einwirkungen festgestellt,doch sie können aufgrund der aufgeführten Mängel auch nicht ausgeschlossen werden.
Verschiedentlich, vornehmlich bei ein bis wenige Zentimeter großen Rissen,beschränkt sich die Ausdehnung der Schäden nur auf einen Teil des Risses. In diesen Fällen dürften durch den Riß erst die Voraussetzungen für die Entstehung von Nekrosen geschaffen worden sein. Andernfalls sollte der Riß innerhalb des geschädigten Rindengewebes liegen.Mit den größeren Rindenrissen läßt sich die Entstehung für einen Teil der Nekrosen erklären,nicht aber für die überwiegende Mehrzahl der Rindenschäden.

6.3.5. Pilzisolierungen aus dem geschädigten Rinden- und Holzgewebe

Abimpfungen aus dem nekrotisierten Gewebe ergaben für die Rinde ein gehäuftes Auftreten von Discula campestris und zwei Fusariumarten,bei den im Holz vorhandenen Pilzen dominierte eine der beiden Fusariumarten und Discula. Andere Pilzarten kamen weniger häufig vor (Tab. 9).
Wegen der Vielzahl der Abimpfungen mußte eine zusammenfassende Darstellung angefertigt werden. Die Häufigkeit der Isolierung einer Pilzart beschränkt sich meist nicht auf eine Schadstelle,sondern verteilt sich auf mehrere. Discula campestris konnte als einziger Pilz aus den von verschiedenen Revieren stammenden Proben isoliert werden.
Bei der Vielzahl der Abimpfungen überrascht die relativ geringe Zahl der isolierten Pilze. Dies mag zeitlich durch eine erhöhte Abwehrbereitschaft des Baumes und der damit einhergehenden Bildung wachstumshemmender Stoffe gegen Mikroorganismen bedingt sein.

Tab. 9: Ergebnis der Abimpfungen aus dem nekrotisierten Gewebe unter den schwarzen Rindenflecken

Probe-nahme	Baumherkunft und Nummer	Anzahl												
				isolierte Pilze										
		Schadstellen	Proben	Discula campestris	Fusarium lateritium	Fusarium spec.	Cytospora ambiens	Cryptosporiopsis spec.	Cylindrocarpon mali	Phomopsis spec.	L9/48 4b	Diplodia strata	Phialophora spec.	Acremonium strictum	
I. Verfärbte Rinde	Weichering 1	9	46	6	3	6		9				2		2	
	Weichering 3	4	21	2		5								5	
	Hagenau 9	16	112	3	8	6	3			2	4				6
	Grünau 10	9	65	5							4				
	Kappel 11	2	9	1											8
	Rust 12	9	43	4					13	1					14
	Hagenau 18	2	16	1	3					1					6
	Grünau 20	3	18	3	1	5									5
	Grünau 21	6	51			9		2							8
	Weichering 22	3	24	7		3									6
	Grünau 24	5	40	4		2								2	5
	Grünau 25	11	57	5	9	14									4
	gesamt	79	502	41	24	50	3	11	13	4	8	2		9	62
II. Verfärbtes Holz	Weichering 1	8	31	3	2			3		2					9
	Weichering 3	4	32	2	6										4
	Hagenau 9	12	99	1	6					2	3				1
	Grünau 10	9	146	11	3	1				1			5		9
	Rust 12	9	50	1					1				2		4
	Hagenau 18	1	12	3	2						3				
	Grünau 20	2	11		7										2
	gesamt	45	381	21	26	1		3	1	5	6		7		29

6.3.6. Untersuchungen an äußerlich nicht erkennbaren Rindennekrosen

Schwarze Rindenflecken stellen ein äußerlich sichtbares Krankheitssympdar und zeigen ein lokales Absterben der Rinde an. Tatsächlich ist die Zahl der vom unverletzten Periderm bedeckten,äußerlich nicht erkennbaren Nekrosen weitaus größer. Erst durch vorsichtiges Abreiben des Phellems mit feinem Sandpapier wird eine Vielzahl von rundlich-ovalen Nekrosen sichtbar (Abb. 13).
Der Durchmesser der Schäden reicht von einem Millimeter bis knapp einem Zentimeter. Da sie nicht oder nur in Einzelfällen bis zum Kambium reichen,sind sie selbst durch Abziehen der Rinde vom Holz nicht zu erkennen und werden deshalb leicht übersehen.
Die unversehrt erscheinende Rindenoberfläche wurde zunächst unter dem Binokular auf Risse und Einstiche hin untersucht. Trotz einer Vielzahl von Untersuchungen wurden keine äußeren Einwirkungen festgestellt. Selbst wenn sich infolge der Elastizität der Rinde kleinere Wunden wieder geschlossen haben,sollte der Einwirkungsort und die daraus resultierende Gewebeschädigung noch zu erkennen sein. Dies festzustellen erforderte Rindenserienschnitte am Mikrotom.
Da die Nekrosen äußerlich nicht zu lokalisieren sind,wurden aus Rindenabschnitten mit schwarzen Flecken kleinere Proben mit Verdacht auf Nekrosen am Mikrotom geschnitten. An Serienschnitten von mehreren Rindenstücken wurden unter dem unverletzten Periderm unterschiedlich tiefreichende Nekrosen festgestellt,die vom intakten Gewebe durch ein Innenperiderm abgegrenzt werden (Abb. 14).
Wie schon bei den Nekrosen mit schwarzen Flecken sind auch hier in den abgestorbenen Zellen körnige,dunkelbraun verfärbte Einlagerungen vorhanden. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen bestätigten die Identität der Einlagerungen. Hyphen wurden in den Nekrosen nicht gefunden. Mit Ausnahme der beim Schneiden der Proben entstandenen Artefakte ergaben sich keine Hinweise auf äußere Einwirkungen. An Rindenvergleichsmaterial von gleichaltrigen Spitzahornen vom gleichen Standort waren keine Schädigungen vorhanden.

Je eine Abimpfung aus 64 Schadstellen führte nur -vornehmlich bei größeren Nekrosen- zur Isolierung von sechs Pilzen. Dies waren zweimal Fusarium lateritium,Phialophora spec. und drei unbekannte Arten. Das Ergebnis der Abimpfungen und das der mikroskopischen Untersuchungen lassen vermuten,daß der Entstehung der äußerlich nicht erkennbaren Nekrosen ursächlich keine Infektionskrankheit zugrunde liegt.
Die sie von dem äußerlich erkennbaren Krankheitsbild unterscheidenden Merkmale,Rindenrisse und schwarze Flecken,werden als Folge sekundärer Einwirkungen gedeutet.

7. Wurzeluntersuchungen

Wurzeluntersuchungen an geschädigten Spitzahornen mußten sich im Rahmen dieser Arbeit auf makroskopische Betrachtungen beschränken. Detaillierte Untersuchungen im Feinwurzelbereich wurden nicht durchgeführt.
Von Bäumen mit den Schadbildern 2 und 3 wurden die Wurzelstöcke ausgegraben und auf Schäden untersucht. Nur an Baum 1 wurde an einer etwa bleistiftdicken Wurzel eine Fäule festgestellt,die aber nicht Ursache für die starken Schäden im Kronenbereich gewesen sein kann. Querschnitte durch Wurzeln unterschiedlicher Dicke zur Feststellung von Verfärbungen verliefen ergebnislos.
Häufig,besonders an dem stark verdichteten Standort V2b$^{2}_{=}$ im Revier Hagenau,wiesen die Wurzelenden keulenförmige Verdickungen,sogenannte "Wurzelstörpunkte",als Folge mechanischer Widerstände auf und in die Horizontale umgebogene Wurzeln. Ebenso kamen im Stockbereich häufiger Wurzelverwachsungen vor,die allerdings bei dem für Ahorne typischen Herzsenkerwurzelsystem nicht ungewöhnlich sind (Köstler,1968).

8. Inokulationsversuche

Um experimentell die an natürlich erkrankten Bäumen auftretenden Schadbilder nachzuvollziehen, wurden mit den am häufigsten, aus geschädigtem Rinden- und Holzgewebe isolierten Pilzen Beimpfungen an Spitz- und Bergahornen durchgeführt. Der nahe verwandte Acer pseudoplatanus L. wurde zur Überprüfung seiner mutmaßlichen Resistenz deswegen in die Versuche miteinbezogen, weil er inmitten erkrankter Spitzahorne von dem Krankheitsgeschehen unbeeinflußt bleibt.

8.1. Rindeninokulationen

In diesem Teil der Arbeit werden die Ergebnisse der Rindeninokulationen an gesunden Spitz- und Bergahornen und die dabei auftretenden Symptome dargestellt. Ziel und Zweck der Versuche war primär, die Bildung der schwarzen Rindenflecken zu induzieren. Der Nachweis für den Infektionserfolg sollte durch die Rückisolierung der verwendeten Pilze erbracht werden.

Inokulationen wurden im April und im Oktober und zwar vor Laubausbruch bzw. nach Blattfall durchgeführt. Der zahlenmäßige Schwerpunkt der Beimpfungen lag im Herbst, da früher durchgeführte Versuche einer Arbeitsgruppe zu dem späteren Zeitpunkt erfolgreicher verliefen als im Frühjahr. Eine Beimpfung wurde dann als erfolgreich gewertet, wenn sich die Wundstelle -verglichen mit der Kontrolle- mit einer deutlichen zeitlichen Verzögerung schloß oder wenn Rindenschäden bzw. schwarze Rindenflecken auftraten. Unabhängig vom Beimpfungszeitpunkt wurden die Wunden der Kontrollen im darauffolgenden Frühsommer symptomfrei überwallt (Abb.15).

Beimpft wurden Spitz- und Bergahorne in den Revieren Grünau und Hagenau, Standort $V2b^{2}_{=}$, (15 bis 18jährig) und in Grafrath und Forstenried (7 bzw. 4jährig). Tab. 10 gibt eine zusammenfassende Übersicht über den Umfang und die Verteilung der Rindeninokulationen.
Da eine Reihe von Bäumen zu verschiedenen Zeiten mehrmals beimpft worden sind, würde deren Zahlenangabe die Gesamtzahl aller beimpften Bäume über-

steigen. Deshalb wird die Zahl der Impfsätze angegeben. Aufgrund der Vielzahl der Inokulationen war eine summararische Zusammenfassung der Ergebnisse erforderlich. Einzelne,vom allgemeinen Trend abweichende Impfergebnisse werden gesondert dargestellt.
Da an den Impfstellen bei "Auflegen" keine Schäden zu verzeichnen waren und sich die Wunden der Kontrollen in den allermeisten Fällen symptomfrei und rasch schlossen werden diese beiden Teile des Impfsatzes -sofern keine Schäden auftraten- bei den Impfergebnissen in den Tabellen weggelassen.
Die Bonitierungen wurden in der auf die Beimpfung anschließenden Vegetationsperiode durchgeführt.
Folgende Abkürzungen werden in den Tabellen verwendet:
sRf = schwarze Rindenflecken
Rsch= Rindenschilder

Tab. 10: Zusammenfassende Übersicht über Anzahl und Verteilung der Rindeninokulationen an Spitz- und Bergahorn

Zeitpunkt	Methode	Impf-material	Zahl der Impfsätze			
			Grünau	Hagenau	Grafrath	Forstenried
Okt. 1978	T-Schnitt	Mycel	8			
April 1979	"Stanzen"	Mycel	25		13	
Okt. 1979	"Stanzen"	Mycel	135 (16)	76 (36)	16 (2)	21 (1)
April 1980	"Stanzen" "Stechen" "Sprühen"	Mycel und Sporen		43		
Sept. 1980	"Stanzen"	Mycel	24 (12)	66 (24)		
Gesamtzahl der beimpften Bäume			50 (6)	39 (13)	17 (2)	21 (1)

Die Zahl der Impfsätze und die der beimpften Bäume wird beim Bergahorn in der Klammer angegeben.

8.1.1. Durch Rindeninokulationen induzierte Krankheitssymptome

Vorweg werden die im Zusammenhang mit den Inokulationen auftretenden Schäden und Symptome beschrieben und mit denen an natürlich erkrankten Bäumen verglichen.

Dunkelfärbung der Rinde

Ein erstes Anzeichen für eine erfolgreiche Beimpfung kann die sich zu Beginn der Vegetationsperiode um die Impfstelle dunkel verfärbende Rinde darstellen. Wenig später sinkt die Rinde in dem verfärbten Bereich ein, wird rissig und stirbt ab. Nicht immer, aber doch recht häufig, geht der Bildung schwarzer Rindenflecken diese Dunkelfärbung voraus.

Rinden- und Holzschäden

Erfolgreiche Inokulationen führten zum Absterben unterschiedlich großer Rindenpartien. Bei kleineren Schäden wird die oval oder bogenförmig erweiterte Wunde meist schnell und gleichmäßig überwallt. Bei größeren Rindenschäden bricht die Rinde an den Schadrändern durch die sie hochhebenden Überwallungswülste auf (Abb. 16), die unterschiedlich stark ausgebildet und unregelmäßig geformt sein können.
Die Schäden im darunterliegenden Holzteil reichten meist nicht tiefer als einen Zentimeter. Im Verlauf der Wundheilung wird die Wunde durch das sich wulstartig vorschiebende Wundholz geschlossen. Wie schon bei den natürlich erkrankten Bäumen bildeten sich auch hier die bekannten T-förmigen Verfärbungen im Holz.
Qualitative Unterschiede hinsichtlich der Art der Rindenschäden und der Wundheilung in Abhängigkeit von den inokulierten Pilzen waren nicht so eindeutig, als daß Rückschlüsse auf die verwendeten Pilzarten möglich gewesen wären.

Schwarze Rindenflecken

Durch Inokulationen mit verschiedenen Pilzarten konnte die Bildung schwarzer Rindenflecken induziert werden, welche phänotypisch und anatomisch nicht von denen an natürlich erkrankten Bäumen zu unterscheiden sind (Abb. 17).

Überraschenderweise bildeten sich die schwarzen Flecken nicht nur auf der eingedellten Rinde und an den Schadrändern,sondern auch in dem der Wunde benachbarten,intakten Bereich,wobei im Rindengewebe zwischen Impfstelle und Rindenfleck weder eine Verfärbung noch eine krankhafte Veränderung festzustellen war.
Die im intakten Rindenbereich auftretenden schwarzen Flecken sind nur ein bis wenige Millimeter groß und die längliche Ausdehnung der zugehörigen Rindennekrosen bewegt sich meist unter einem Zentimeter. Nur in wenigen Fällen reichten die Schäden bis zum Xylem.

Rindenschilder

Vornehmlich bei größeren Rindenschäden können sich im Sommer an den Rändern der Schadstellen und in deren Nachbarschaft einzelne oder mehrere Rindenschilder bilden (Abb. 18).Ihr Durchmesser schwankt zwischen 5 und 15 Millimeter.
Bei diesen rundlichen Rindennekrosen bricht die Rinde durch das gebildete Innenperiderm -speziell dem vielen Zellagen breiten Phellem- um das nekrotisierte Areal schildartig auf. Zunächst verhindern die tangential verlaufenden Bastfaserschichten die Anlage eines geschlossenen Innenperiderms (Abb. 19).Da sich im späteren Verlauf das nekrotisierte Areal vom intakten Gewebe abhebt,müssen die Bastfaserschichten durch das Innenperiderm aufgesprengt worden sein. Wie schon bei den zuvor besprochenen schwarzen Rindenflecken war auch hier im intakten Rindenbereich zwischen der Impfstelle und den Rindenschildern keine krankhafte Veränderung zu erkennen. Auch gab es hinsichtlich der körnigen Einlagerungen in den Zellen des Rindengewebes zwischen beiden Krankheitserscheinungen keine Unterschiede.
In der Mehrzahl beschränkt sich die Ausdehnung der Schäden auf die Rinde. Unter dem nekrotisierten Rindengewebe kommt es zeitweise zur Ansammlung einer leicht bräunlichen Flüssigkeit,die durch Fingerdruck auf die Rinde an den seitlichen Rändern der Schadstelle austritt. Verschiedentlich sitzt den Rindenschildern in der Mitte ein kleiner schwarzer Fleck auf.

Weiße,amorphe Substanzen und Wundgummikugeln

Weitere Übereinstimmungen zwischen den Rindennekrosen mit schwarzen Flecken an natürlich erkrankten Bäumen und den induzierten Schäden stellen die vereinzelt auf der Rückseite der sich abhebenden nekrotisierten Rinde erhärteten Wundgummikugeln dar und weiße,amorphe Substanzen. Letztere treten häufig nach beendetem Flüssigkeitsaustritt in der Austrittsöffnung auf,aber auch auf der Wundfläche (Abb. 20).

8.1.2. Rindeninokulationen mit einer Pilzart pro Baum

Im Herbst 1978 wurden im Revier Grünau acht 15 bis 18jährige Spitzahorne mit vier verschiedenen Pilzen beimpft,wobei jeweils für zwei Bäume die gleiche Pilzart verwendet wurde. Wegen der gegenüber den späteren Impfversuchen abweichenden Impftechnik (T-Schnittmethode) werden die Ergebnisse der Inokulationen von 1978 getrennt von den späteren Beimpfungen dargestellt und anstelle von "Stanzen" die Bezeichnung "Schneiden" für für Position 2 verwendet. Bedingt durch die relativ großen Wunden der T-Schnitte werden zum Vergleich auch die Kontrollwerte in der Tabelle aufgeführt.Die Werte stammen von der Bonitierung vom Sommer 1979.

Tab. 11: Ergebnis der Rindeninokulationen mit verschiedenen Pilzen

Pilzart	Baum-Nr.	Größe der Rindenschäden (cm)		
		Kontrolle	"Kratzen"	"Schneiden"
Acremonium strictum	1	4	22	115
	2	2,7	2,7	2,7
Cryptospo-riopsis spec.	3	3,7x1,1	2x0,9	4,5x1,6
	4	3	2,5xo,8	8,6x1
Discula cam-pestris	5	4,2x1	19,5x3,5	17,5x3,2
	6	4,8x1,1	21x3,9	18x3,1
Fusarium lateritium	7	1,2x1,2	14,3x3,7	12,1x3,4
	8	3,2x1,2	3xo,9	4,6x0,9

Die Beimpfungen mit Acremonium strictum werden als negativ gewertet, da die verschieden langen,sehr schmalen Rindenrisse wahrscheinlich auf Frostschäden zurückzuführen sind. Bei der Bonitierung im Herbst 1979 waren die sich gleichmäßig schließenden Risse fast vollständig überwallt.

Cryptosporiopsis spec.: An Baum 3 traten bei der Kontrolle und bei den beiden Beimpfungen Rindenschäden auf,die sich langsam vergrößerten und erst 1981 durch Bildung starker,unregelmäßig gebildeter Überwallungswülste begrenzt wurden. Trotz der unterschiedlichen Größe der abgestorbenen Rindenpartien ist eine eindeutige Bonitierung nicht möglich,da auch die Kontrollstelle Befall zeigte.

Größe der Rindennekrosen im Herbst 1981: Kontrolle: 14 x 4cm
"Kratzen": 56 x 5,4cm
"Schneiden": 33 x 2,6cm

Positiv verliefen die Beimpfungen bei "Kratzen" und "Stanzen" an Baum 4,dessen Wunden auch im Herbst 1981 noch nicht vollständig überwallt waren. Die Wunde der Kontrolle hatte sich bereits im Herbst 1979 geschlossen.

Discula campestris: Eindeutig positiv verliefen die Beimpfungen an Baum 5 und 6. Im Gegensatz zur Kontrolle war an den Impfstellen die Rinde eingedellt,dunkel verfärbt und um die Wundränder hatten sich starke Überwallungswülste gebildet.

Fusarium lateritium: An Baum 7 und 8 schlossen sich die Wunden der Kontrollen und bei letzterem auch die der Beimpfungen gleichmäßig.
Ein Infektionserfolg war für "Kratzen" und "Schneiden" in Form von größeren Rindenschäden an Baum 7 zu verzeichnen.

Aus den bisherigen Ergebnissen geht hervor,daß Beimpfungen mit Acremonium strictum zu keinen Schäden führten,wohl aber mit den übrigen drei Pilzen. Desweiteren wird die T-Schnittmethode für die nachfolgenden Beimpfungen als nicht geeignet gehalten. Durch sie werden relativ große Wunden erzeugt,wodurch sich die Wahrscheinlichkeit einer Sekundärinfektion erhöht und zudem werden die so geschaffenen Wunden ziemlich schlecht überwallt. Anstelle der T-Schnittverletzungen wurden bei den weiteren Inokulationen kleine Rindenstücke ausgestanzt. Dadurch wird eine Standardisierung der Methode,eine schnellere Überwallung und ein besserer Vergleich gewährleistet.

Bei den nachfolgend aufgeführten Pilzarten verliefen die zwischen April 1979 und April 1980 an unterschiedlich alten Spitzahornen an drei bzw. vier Standorten durchgeführten Inokulationen eindeutig negativ. Hinter den Pilzarten steht in der Klammer die Zahl der Impfsätze.

Acremonium strictum W.Gams (13)
Phomopsis spec.(19)
Cytospora ambiens Sacc. (14)
Leptosphaeria vagabunda Sacc. (9)
Diplodia atrata (Desm.) Sacc. (10)
Phialophora spec. (5)
Pilzstamm $L9_1$ (4)
unbekannter Basidiomycet,Stamm G7/2 (4)

Inokulationen mit den beiden unbekannten Pilzstämmen G10/51$_1$ und L7 führten zu kleineren Rindenschäden (Tab. 12).

Tab. 12: Ergebnis der Spitzahorninokulationen mit den Pilzstämmen G10/51$_1$ und L7

Pilzstamm	Standort	Zeitpunkt	Anzahl		"Kratzen"	"Stanzen"	
			Bäume	Impfsätze	Rindennekrosen		
					-	-	+
G10/51$_1$	Grünau	Okt. 1979	1	4	4	2	2
	Forstenried	Okt. 1979	1	1	1	1	
gesamt			2	5	5	3	2
L7	Grünau	April 1979	1	1	1		1
	"	Okt. 1979		3	3		3
gesamt			1	4	4		4

Inokulationen mit sechs Pilzarten führten zumindest einmal zur Bildung schwarzer Rindenflecken und zu Rindenschildern.

Pilzstamm L9/48$_{4b}$

Als Folge der Beimpfungen vergrößerten sich die Wunden um die Stanzstellen nur wenig und schlossen sich alsbald. Nachdem die Wunden überwallt waren, bildeten sich seitlich oberhalb von ihnen zwei Rindenschilder mit kleinen schwarzen Flecken sowie ein weiterer im Abstand von 1,3cm von der Impfstelle. Alle Schäden beschränkten sich auf einen Baum.

Tab. 13: Ergebnis der Spitzahorninokulationen mit dem Stamm L9/48$_{4b}$

Standort	Zeitpunkt	Impfsätze		"Kratzen"	"Stanzen"			
			Anzahl					
			Bäume	Rindennekrosen			sRf	Rsch
				-	-	+	+	
Grünau	Okt. 1979	3	1	3	3			
Forstenried	"	1	1	1	1			
Grafrath	"	1	1	1	2			
Hagenau	"	4	1	4	1	3	3	2
gesamt		9	4	9	7	3	3	2

Cylindrocarpon mali

Von den Stanzstellen aus vergrößerten sich die Wunden geringfügig in länglicher Richtung. In einem Fall bildete sich am unteren Ende einer Wunde ein kleiner schwarzer Fleck.

Tab. 14: Ergebnis der Spitzahorninokulationen mit Cylindrocarpon mali

Standort	Zeitpunkt	Anzahl		"Kratzen"	"Stanzen"		
		Impfsätze	Bäume	Rindennekrosen			sRf
				-	-	+	+
Forstenried	Okt. 1979	1	1	1		1	
Hagenau	"	4	1	4	2	2	1
gesamt		5	2	5	2	3	1

Fusarium spec.

Mit den Fusariumstämmen $L9/59_1$ und $G10/112_2$ wurden je fünf Spitzahorne und je ein Bergahorn beimpft. Bei den daraus resultierenden Rindenschäden handelte es sich meist um länglich-ovale, kleinere Nekrosen, die innerhalb einer Vegetationsperiode etwas unregelmäßig überwallt wurden.

Tab. 15: Ergebnis der Spitzahorninokulationen mit Fusarium spec.

Standort	Zeitpunkt	Anzahl		"Kratzen"		"Stanzen"		
		Impfsätze	Bäume	Rindennekrosen				
				-	+	-	+	++
Grünau	Okt. 1979	16	4	13	3	2	10	4
Forstenried	"	2	2	2		2		
Grafrath	"	2	2	2		4		
Hagenau	"	4	1	3	1		4	
gesamt		24	9	20	4	8	14	4

Zwei zum gleichen Zeitpunkt im Revier Hagenau beimpfte Bergahorne mit jeweils vier Impfsätzen zeigten keinen Befall.

Von Baum 45 aus dem Revier Hagenau wurden am 6.8.1980 Rindenproben von vier Schadstellen zur Reisolierung von Fusarium spec. entnommen. Aus 48 Abimpfungen wurden isoliert: Fusarium spec. neunzehnmal
Fusarium lateritium einmal
Pilzstamm $L9/48_{4b}$ viermal
unbekannte andere Pilze elfmal
Die insgesamt hohe Reisolierungsrate für Fusarium spec.,ohne daß ein bestimmter anderer Pilz häufiger auftrat,dürfte ihn als Verursacher der Schäden ausweisen.

Abweichend von diesem Befallsbild traten an einem schwächeren Spitzahorn -er war im Oktober 1979 im Revier Hagenau mit dem Stamm $L9/59_1$ beimpft worden- an den vier Impfsätzen bei "Stanzen" und "Kratzen" schwerste Rindenschäden auf (Abb. 21). Deswegen ist Baum 7 auch in Tab. 15 nicht aufgeführt.
Erste Anzeichen einer stärkeren Schädigung machten sich im Mai 1980 durch Dunkelfärbung der Rindenoberfläche und Bildung vieler kleiner schwarzer Rindenflecken,Entstehung von Rindenrissen und sich rasch vergrößernde Eindellungen bemerkbar,die bald große Teile des Stammumfangs erfaßten. Da an allen vier Impfsätzen die Rindenschäden gleichartiges Aussehen hatten und sich die Wunden der Kontrollen normal schlossen,sind als Schadursache Sekundärinfektionen auszuscheiden. Die starke Schädigung wird primär auf die erhöhte Anfälligkeit des Baumes zurückgeführt. Inokulationen mit dem gleichen Pilzstamm führten an vier Spitzahornen nur zu kleineren Rindenschäden oder verliefen negativ.

Von dem stark geschädigten Spitzahorn wurden am 27.7.1980 von zwei Schadstellen 18 Rindenabimpfungen durchgeführt. Isoliert wurde Fusarium spec. dreizehnmal sowie drei unbekannte Pilze.
Im Herbst 1981 wurde der sich erholende Baum gefällt und aufgeschnitten. Von der Rändern der in Höhe der Impfsätze entnommenen Stammscheiben ziehen sich schwarz gezackte Einläufe in den äußeren Xylemteil.Stammlängsschnitte zeigten,daß die dunklen,streifenartigen Verfärbungen eine größere längliche Ausdehnung hatten als die Rindenschäden. Aufgrund des sich wulstartig vorschiebenden Wundholzes wird angnommen,daß dem Baum eine Überwallung der Schadfläche gelungen wäre.
38 Abimpfungen aus dem verfärbten Holzteil erbrachten zweimal Fusarium spec.,andere Pilze wurden nicht isoliert.

Fusarium lateritium Nees

Sofern nach Inokulationen mit diesem Pilz Schäden auftraten, waren diese klein und die Wunden schlossen sich langsamer als bei den Kontrollen. Nur an zwei beimpften Spitzahornen bildeten sich kleine schwarze Rindenflecken (Tab. 16).

Tab. 16: Ergebnis der Spitzahorninokulationen mit Fusarium lateritium

Standort	Zeitpunkt	Impfsätze	Anzahl	"Kratzen"				"Stanzen"		
			Bäume	Rindennekrosen		sRf	Rsch	Rindennekrosen		sRf
				-	+	+		-	+	+
Grünau	April 1979	4	8	3	1				4	
	Okt. 1979	19		15	4			6	13	
Forstenried	Okt. 1979	5	5	5				5		
Grafrath	April 1979	2	2	2				2		
	Okt. 1979	2		2				4		
Hagenau	Okt. 1979	20	5	18	2	1	1	16	4	3
gesamt		52	20	45	7	1	1	33	21	3

Im Oktober 1979 wurden in den Revieren Grünau und Hagenau fünf Bergahorne mit 20 Impfsätzen versehen. Alle Wunden wurden symptomfrei überwallt.

Von den beimpften Spitzahornen wies Baum 14 (Revier Hagenau) erheblich größere und zahlreichere Schäden auf und wird deswegen gesondert aufgeführt. Daß die heftige Befallsreaktion dieses Baumes nicht auf den verwendeten Pilzstamm A10 zurückzuführen ist, ergibt sich aus den erheblich geringeren Schäden an den anderen beimpften Bäumen. Zur besseren Übersicht wird die Verteilung und die Zahl der Schäden an Baum 14 nach den Impfsätzen aufgegliedert.

Impfsatz-Nr.	"Kratzen"					"Stanzen"					
	Anzahl										
	Rindennekrosen				sRf	Rindennekrosen				sRf	Rsch
	-	+	++	+++	+	-	+	++	+++	+	
1	1						1			3	
2	1							1		2	1
3				1	ja		1			ja	
4			1		2				1	3	

Bei Impfsatz 3 bildeten sich in dem zwischen "Kratzen" und "Stanzen" liegenden Rindenbereich sieben kleine Rindenflecken;die der anderen Impfsätze saßen meist in unmittelbarer Nähe der Schadstellen. Der größte Rindenschaden trat an Impfsatz vier bei "Stanzen" auf und betrug 17 x 4cm. Von diesem besonders anfälligen Baum wurden am 5.8.1980 von drei Schadstellen 34 Rindenabimpfungen vorgenommen. Isoliert wurden:
Fusarium lateritium:einundzwanzigmal
Fusarium spec.:dreimal
unbekannter Pilzstamm L $14/1_1$:zehnmal
sonstige Pilze:viermal
Durch die hohe Reisolierungsrate dürfte Fusarium lateritium als Verursacher der Schäden nachgewiesen worden sein.

Cryptosporiopsis spec.

Aufgrund der geringen Isolierungshäufigkeit von natürlich erkrankten Bäumen schien Cryptosporiopsis bei der Spitzahornerkrankung keine besondere Bedeutung zuzukommen. Die Infektionsergebnisse zeigen aber,daß er mit zu den wichtigsten Pathogenen gehört (Tab. 17).
Alle Bäume wurden mit dem gleichen Pilzstamm beimpft. Den vier Impfsätzen im Frühjahr 1980 wurde zusätzlich ein Impfsatz mit viermal "Stanzen" hinzugefügt.

Tab. 17: Ergebnis der Spitzahorninokulationen mit Cryptosporiopsis spec.

Standort	Zeitpunkt			"Kratzen" Anzahl		"Stanzen"				
		Impfsätze	Bäume	Rindennekrosen						Rsch
				-	+	-	+	++	+++	
Grünau	April 1979	2	2	1	1		1	1		
	Okt. 1979	8	2	5	3	1	1	4	2	
Forstenried	Okt. 1979	1	1	1		1				
Grafrath	April 1979	1	1	1		2				
Hagenau	Okt. 1979	4	1	1	3	2	2			2
	April 1980	4	1	2	2		3	5		
gesamt		20	8	11	9	6	7	10	2	2

Oft verfärbte sich die Rinde um die inokulierten Stellen dunkel, sank ein und die Wunden wurden nur langsam überwallt. Bei einem Teil der mittelgroßen und den beiden großen Rindenschäden -die maximale Schadgröße betrug 7 x 1,7cm- waren die Wunden bei der Herbstbonitierung 1981 noch nicht vollständig überwallt.

Auch in der obigen Aufstellung fehlt ein Baum wegen seiner vom allgemeinen Befallstrend abweichenden, erhöhten Anfälligkeit. Die erwähnte Ausnahme bildet der im Oktober 1979 im Revier Hagenau beimpfte Spitzahorn 12. Die Schadsymptome der vier Impfsätze verteilen sich wie folgt:

Impfsatz-Nr.	"Kratzen"					"Stanzen"				
	Anzahl									
	Rindennekrosen			sRf	Rsch	Rindennekrosen		sRf		Rsch
	-	+	++	+		++	+++	+	++	
1		1		1	4	1		3		1
2	1					1		1	1	4
3			1	2	3	1			2	1
4			1	1			1	1		1
gesamt	1	1	2	4	7	3	1	5	3	7

Obwohl sich die leicht vergrößerten Wunden bei "Stanzen" in drei Fällen bis zum Spätsommer 1980 geschlossen hatten, bildeten sich in deren näheren Umgebung schwarze Flecken und Rindenschilder. Beide Befallssymptome zeigten sich auch an den Wundrändern bei "Kratzen" und in einem Abstand bis zu 2,5cm davon entfernt. Der größte Rindenschaden lag mit 7,6 x 4,4cm bei "Stanzen".
Von dem stark geschädigten Baum 12 wurden am 26.7.1980 von vier Schadstellen 58 Rindenabimpfungen zur Pilzreisolierung durchgeführt. Cryptosporiopsis wurde viermal, Fusarium spec. zwölfmal sowie 16 weitere Pilze isoliert. Als Grund für die geringe Reisolierungsrate von Cryptosporiopsis wird eine Verdrängung des sehr langsam wachsenden Pilzes (siehe Kapitel 9) durch Sekundärbesiedler vermutet. Wegen der weitgehend einheitlich hohen Befallshäufigkeit dürfte Cryptosporiopsis trotzdem als Verursacher der Schäden anzusehen sein. Aus 14 Abimpfungen von drei Rindenschildern ließ sich nur ein unbekannter Pilz isolieren.

Ein Bergahorn (Revier Hagenau) wurde im Oktober 1979 mit vier Impfsätzen versehen. In zwei Fällen entstanden bei "Kratzen" kleinere Rindenschäden.

Discula campestris (Pass.)

Die mit Abstand größten und häufigsten Befallssymptome wurden durch Inokulationen mit Discula campestris erzielt (Tab. 18). Für die Beimpfungen wurden insgesamt fünf Stämme -meist Stamm W3/10- aus vier verschiedenen Revieren verwendet. Deutliche Pathogenitätsunterschiede waren nicht zu verzeichnen.
Zum Teil reagierten die Spitzahorne,aber auch der einzelne Baum auf Beimpfungen mit dem gleichen Pilzstamm recht unterschiedlich heftig. Häufiger als bei Inokulationen mit anderen Pilzarten verfärbte sich die Rinde um die Impfstelle dunkel und oft bildete sich auf der Wundfläche eine weiße,amorphe Substanz (Abb. 20).
Nur mit dieser Pilzart war es einige Male möglich,stärkeren Flüssigkeitsaustritt zu induzieren,der eine streifenförmige Dunkelfärbung der Stammrinde bewirkte (Abb. 23). Bei diesen besonders heftig reagierenden Spitzahornen handelte es sich durchwegs um stärkere Bäume.
In einem einzigen Fall bildete sich an einem Spitzahorn (Revier Hagenau) genau unter der Mycelauflagestelle ("Auflegen") ein kleiner schwarzer Rindenfleck. Ferner vermochte nur Discula Rindenschäden an jüngeren Spitzahornen (Forstenried und Grafrath) hervorzurufen. Auch an Bergahornen entstanden infolge der Beimpfungen kleinere Rindenschäden (Tab. 19).

Tab. 19: Ergebnis der Bergahorninokulationen mit Discula campestris

Standort	Zeitpunkt	Anzahl		"Kratzen"		"Stanzen"		
		Impfsätze	Bäume	Rindennekrosen				
				-	+	-	+	++
Grünau	Okt. 1979	8	2	8		5	2	1
Forstenried	"	1	1	1		1		
Grafrath	"	2	2	2		4		
Hagenau	"	12	3	10	2	12		
gesamt		23	8	21	2	22	2	1

Tab. 18: Ergebnis der Spitzahorninokulationen mit Discula campestris

Standort	Zeitpunkt	Impfsätze	Anzahl																
				"Kratzen"								"Stanzen"							
			Bäume	Rindennekrosen				sRf			Rsch	Rindennekrosen				sRf			Rsch
				-	+	++	+++	+	++	+++		-	+	++	+++	+	++	+++	
Grünau	April 1979	4	14		2	2							2	2					
	Okt. 1979	42		18	9	7	8	3				4	14	13	11	2	2	1	
Forstenried	Okt. 1979	5	5	5								1	3		1				
Grafrath	Okt. 1979	6	6	6								7	3						
Hagenau	Okt. 1979	28	7	15	3	4	6	6	1	3	6	6	2	9	11	13	3	3	13
gesamt		85	32	44	14	13	14	9	1	3	6	18	24	24	23	15	5	4	13

Zur Reisolierung von Discula wurden Rindenabimpfungen von geschädigten Spitzahornen aus den Revieren Hagenau (12.-16.8.1980) und Grünau (27.9.1980) vorgenommen. Alle Proben stammen aus der Rinde, von Baum 19 wurden zusätzlich Proben aus dem Holz entnommen. Zur Unterscheidung werden sie mit R (=Rinde) und H (=Holz) gekennzeichnet. Die Reisolierungshäufigkeit für Discula variiert zwischen den Bäumen und den Schadstellen am gleichen Baum beträchtlich (Tab. 20).

Die teilweise geringe Reisolierungsrate für Discula wird auf die antagonistische Wirkung von Sekundärbesiedlern zurückgeführt.
Um die Ausbreitungszeit für Sekundärbesiedler zu verkürzen, wurden die nächsten Abimpfungen zu einem früheren Zeitpunkt durchgeführt.

Je drei Abimpfungen von vier Rindenschildern verliefen negativ. Auch dieses Ergebnis spricht für die Annahme, daß die Bildung der Rindenschilder nicht durch Pilzbefall induziert wird.

Tab. 20: Ergebnis der Abimpfungen von mit Discula campestris beimpften Spitzahornen

Standort	Baum-Nr.	Schad-stelle	Abimp-fungen	Discula campestris	Fusarium spec.	Fusarium lateritium	Cryptosporiopsis spec.	Phomopsis acerina	L14/1$_1$	L19/2a	G31/1$_1$	sonstige
Grünau	28	I	8	8	2							
		II	8		6							13
Grünau	30	I	16									6
		II	8		3	2						2
Grünau	31	I	13								5	1
		II	8		3			2				
Hagenau	20	I	16	4		1						6
		II	12		1		2					
		III	12	3								4
Hagenau	18	I	20	15							10	4
		II	16		3				1			
		III	16	1	1				1			11
		IV	12		1							2
		V	4		1							
Hagenau	19	I/R	24	4	2	1				16		
		I/H	15	7		1				2		
		II/R	16	5						2		1
		II/H	36	21	4			1				2
		III/R	20	5	3	1				4		3
		III/H	24	8	1				2	7		
gesamt		R	229	45	25	5	2	2	2	22	15	53
		H	75	36	5	1		1	2	9		2

8.1.3. Sporeninokulationen

Im April 1980 wurden sechs Spitzahorne mit Pyknosporen von Discula campestris und einer mit Ascosporen von Gnomonia cerastis,der mutmaßlich zugehörigen Hauptfruchtform,beimpft. Bei den Inokulationen wurde die Impfmethode um "Sprühen" und "Stechen" erweitert.
Die Bonitierung bereitete insofern Schwierigkeiten,da sich bei den Kontrollen die Rinde nach Stechen mit der Nadel leicht vorwölbte und sich dieser Effekt an den beimpften Stellen nur leicht verstärkte. Deshalb werden diese nicht eindeutigen Ergebnisse in der Tabelle mit Fragezeichen versehen.

Daß Sporenbeimpfungen zu Schäden führen können,beweist das Zustandekommen kleinerer Rindennekrosen und zweier schwarzer Rindenflecken (Tab. 21).

Tab. 21: Ergebnis der Sporeninokulationen an Spitzahorn
Standort: Hagenau
Zahl der Impfsätze: 35

		Pyknosporen				Ascosporen		
		Anzahl						
		Rindennekrosen			sRf	Rindennekrosen		
		-	?	+	++	-	?	+
"Stechen"	Kontrolle	14						
	Infizieren	6	12	2	2		8	
"Stanzen"	Kontrolle	11						
	Infizieren	22		7			3	1
"Kratzen"		12				3		1
"Auflegen"		10						
"Sprühen"		7						

8.1.4. Inokulationen mit mehreren Pilzarten am gleichen Baum

Die unterschiedliche Anfälligkeit der mit dem gleichen Pilz am gleichen Standort beimpften Spitzahorne wird auf deren unterschiedliche Resistenz zurückgeführt. Um die Pathogenität der jeweiligen Pilzart beurteilen zu können,wurde jeweils ein Baum mit fünf verschiedenen Pilzen -pro Impfsatz ein Pilz- inokuliert und mit einem Kontrollsatz versehen.
Verwendet wurden sechs Pilzarten,welche bei den Inokulationen Rindenschäden mit schwarzen Flecken bewirkt hatten. Ferner wurde mit Cytospora ambiens ein Pilz verwendet,der bei den bisherigen Beimpfungen keine Schäden hervorzurufen vermochte. Er soll die Pathogenitätsunterschiede zwischen den Pilzarten verdeutlichen.

Mitte September wurden im Revier Hagenau elf Spitzahorne und vier Bergahorne beimpft,im Revier Grünau vier Spitzahorne und zwei Bergahorne. Ein Impfsatz setzt sich aus zweimal "Stanzen" und zweimal "Kratzen" zusammen. Als Inokuli wurden mycelbewachsene Malzagarscheibchen und die entsprechende Kontrolle verwendet. Es wurde darauf geachtet,daß zwischen den einzelnen Impfsätzen ein genügend großer Abstand gegeben war. Um einen etwaigen Einfluß der Baumreaktion in Abhängigkeit von der Impfhöhe zu erkennen,wurde diese für jede Pilzart variiert.
Das Ergebnis der Beimpfungen ist in Tab. 22 summarisch zusammengefaßt.

Die in früheren Versuchen ermittelte Befallstendenz stimmt für die einzelnen Pilzkulturen -mit Ausnahme der vom allgemeinen Schadausmaß abweichenden Bäume- wiederum mit einer Ausnahme (Baum C ist deswegen in der Tabelle nicht aufgeführt) im wesentlichen überein. Sowohl hinsichtlich der Zahl und der Größe der Rindenschäden als auch der schwarzen Flecken zeichnet sich Discula campestris gegenüber den anderen Pilzarten durch erhöhte Pathogenität aus.
Drei weitere Pilze,Cryptosporiopsis spec.,Fusarium spec. und Cylindrocarpon mali vermochten häufiger größere Rindenschäden und vereinzelt auch schwarze Rindenflecken hervorzurufen. Bis auf zwei größere Rindenschäden ergab sich für Inokulationen mit Fusarium lateritium ein ähnliches Resultat wie bei früheren Versuchen.

Tab. 22: Ergebnis der Spitzahorninokulationen mit sieben Pilzarten

Revier	Inokulum	Anzahl	"Stanzen"								"Kratzen"						
		Impf-sätze	Rindennekrosen				sRf			Rsch	Rindennekrosen				sRf		
			-	+	++	+++	+	++	+++		-	+	++	+++	+	++	+++
Hagenau	Kontrolle	10	20								16	4					
	Discula campestris	9	3	3	5	7	9	3		3		2	3	13	13	8	
	Cryptosporiopsis spec.	9	11	6	1						5	4	7	2			
	Fusarium spec.	10	9	8	3		1				4	6	8	2			
	Fusarium lateritium	10	16	4							8	8	2	2			
	L9/48$_{4b}$	5	10								9	1					
	Cylindrocarpon mali	4	1	5	1	1	1				1	3	3	1			
	Cytospora ambiens	3	6								6						
Grünau	Kontrolle	4	8								8						
	Discula campestris	4	1		3	4	2		1		1	1	1	5		4	3
	Cryptosporiopsis spec.	4	1		4	3	1					4	4		2		
	Fusarium spec.	4	2	2	3	1						2	5	1			
	Fusarium lateritium	4	6	2							6	2					
	L9/48$_{4b}$	1	2								2						
	Cylindrocarpon mali	1			2							1	1				
	Cytospora ambiens	2	3	1							3	1					

Infektionen mit dem Pilzstamm $L9/48_{4b}$ erbrachten nur zwei kleinere Rindenschäden. Wahrscheinlich war der heftiger reagierende Baum von 1979 anfälliger. Erstmals vermochte auch Cytospora ambiens die Bildung von zwei kleineren Rindenschäden zu bewirken. Des weiteren entstanden erstmals an den Kontrollen von drei Spitzahornen bei "Kratzen" vier kleinere Rindenschäden,die aber alsbald überwallt wurden. Bei ihnen scheint eine Fremdinfektion stattgefunden zu haben,die vielleicht mit dem früheren Beimpfungszeitpunkt zusammenhängt.

Ordnet man die Pilzarten aufgrund der Inokulationsergebnisse nach ihrer Pathogenität,so ergibt sich folgende Reihe ihrer Pathogenitätsabnahme:

Discula campestris
V
Cryptosporiopsis spec.,Fusarium spec.,Cylindrocarpon mali
V
Fusarium lateritium
V
Stamm $L9/48_{4b}$
V
Cytospora ambiens

Dieser Einteilung kann wegen der Vielfalt der Beziehungen zwischen Wirt und Pathogen und der Einwirkung ökologischer Faktoren nur relative Bedeutung beigemessen werden.

Im Anschluß an die Bonitierung vom 15.6.1981 wurden von zwei Schadstellen jedes Impfsatzes von Baum E Abimpfungen zur Reisolierung der verwendeten Pilze durchgeführt. Wie schon bei früheren Versuchen ließen sich die beiden Fusariumarten mit großer Häufigkeit reisolieren,ebenso können die Werte für Discula und Cylindrocarpon befriedigen. Niedrig fielen die Reisolierungen von Cryptosporiopsis aus,ohne daß ein anderer Pilz häufiger auftrat (Tab. 23).

Tab. 23: Ergebnis der Reisolierungen von Baum E (Revier Hagenau)

Inokulum	Schadstelle	Zahl der Abimpfungen	isolierte Pilze: Cryptosporiopsis spec.	Fusarium spec.	Fusarium lateritium	Discula campestris	Cylindrocarpon mali	sonstige	Phomopsis spec.
Cryptosporiopsis spec.	I	10	3	2				6	
	II	16	4			4		3	
Fusarium spec.	I	13		13				1	
	II	11		10					
Fusarium lateritium	I	12			9				
	II	14			7		1	2	
Cylindrocarpon mali	I	15		1			9	2	
	II	10				2	4	1	4
Discula campestris	I	16		3		9			
	II	16		3		5		4	

Die oben erwähnte Ausnahme bildete der ungewöhnlich heftig reagierende Spitzahorn C im Revier Hagenau. Mit allen fünf Pilzen ließen sich Rindenschilder, schwarze Rindenflecken und meist auch größere Rindenschäden induzieren (Tab. 24). Wiederum dominierte Discula campestris hinsichtlich der Zahl und der Größe der Krankheitssymptome.

Da bei den Beimpfungen mit Discula und Fusarium spec. die schwarzen Flecken und die Rindenschilder zwischen zwei Impfstellen sowie oberhalb und unterhalb von ihnen auftraten, wird ihr Vorkommen in der Tabelle mit ja vermerkt.

An den mit Discula infizierten Stellen war die Rinde durch Vereinigung der Schäden bei "Stanzen" und "Kratzen" auf einer Länge von 8,2cm und 6,4cm Breite abgestorben. Um diese Schadstelle wurden insgesamt 19 Rindenschilder gezählt, um die beiden Einzelschäden sieben bzw. neun.

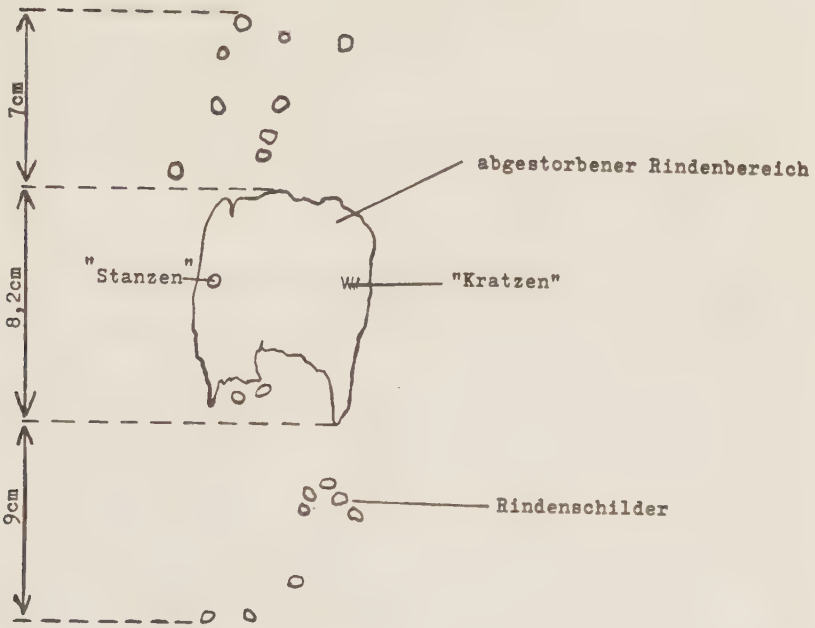
Tab. 24: Ergebnis der Inokulationen mit fünf Pilzarten an Baum C; die Reihenfolge der Pilze entspricht den an Baum C von oben nach unten durchgeführten Inokulationen

Inokulum	"Kratzen" Anzahl							"Stanzen" Anzahl					
	Rindennekrosen				sRf		Rsch	Rindennekrosen				sRf	Rsch
	-	+	++	+++	+	++		-	+	++	+++	+	
Fusarium lateritium			1	1			2		1		1	1	1
L9/48 4b		1		1		1	1	1	1				
Kontrolle	1		1		2	1	3	1		1			
Discula campestris				2	ja		ja				2	ja	ja
Crypto-sporiopsis				2	5		11		1	1			
Fusarium spec.			1	1	ja		ja			1	1	ja	ja

Der weiteste Abstand zwischen der abgestorbenen Rinde um die Impfstellen und den Rindenschildern betrug neun Zentimeter. Das dazwischen liegende Rindengewebe wies keine krankhaften Veränderungen auf. Wegen dem schwachen Kontrast zwischen den Rindenschildern und der umgebenden Rinde wird anstelle eines Photos eine verkleinerte,maßstabgetreue Abbildung der Verteilung der Rindenschilder verwendet (Abb. 24).

Bei den Beimpfungen mit Fusarium spec. wurden im intakten Rindenbereich zwischen "Stanzen" und "Kratzen" sieben Rindenschilder mit vier schwarzen Flecken gezählt,ein weiterer fand sich neben "Kratzen".

Abb. 24: Maßstabgetreue,verkleinerte Darstellung der Rindenschilderverteilung um die Wundstelle bei Impfsatz 4 an Baum C



Von besonderem Interesse war die Position "Kratzen" des Kontrollsatzes. Obwohl sich die Wunde schnell und symptomfrei geschlossen hatte,weshalb eine Fremdinfektion wenig wahrscheinlich sein dürfte,bildeten sich unterhalb davon drei Rindenschilder,von denen zwei in der Mitte einen kleinen schwarzen Fleck tragen. Ein weiterer hatte sich neben einem Rindenschild gebildet (Abb. 25). Als Ursache für deren Entstehung wird eine von der Wunde ausgehende Reizreaktion vermutet.An der anderen Stanzstelle des Kontrollsatzes hatte sich die Wunde ovalförmig zu einer drei Zentimeter langen Läsion vergrößert.

Als sich bei Baum C um die sich nicht mehr vergrößernden Wunden Überwallungswülste zu bilden begannen, wurden von dem gefällten Spitzahorn Abimpfungen aus Holz und Rinde vorgenommen (Tab. 25). Mit Ausnahme von Cryptosporiopsis und dem Pilzstamm $L9/48_{4b}$ konnten die für die Inokulationen verwendeten Pilze mit relativ großer Häufigkeit reisoliert werden. Interessant ist, daß aus 48 Abimpfungen von 16 Rindenschildern nur zwei Pilze isoliert werden konnten.

Tab. 25: Ergebnis der Reisolierungen von Baum C

Inokulum	Schadstelle	Zahl der Abimpfungen	isolierte Pilze							
			Fusarium lateritium	$L9/48_{4b}$	Discula campestris	Cryptosporiopsis	Fusarium spec.	Phomopsis spec.	Pilzstamm C2/4	sonstige
Fusarium lateritium	Holz I	8	5							
	Holz II	10	5					1		2
	2 Rsch	6								
Stamm $L9/48_{4b}$	Holz I	8	1	3						
	Holz II	10		2						2
Kontrolle	Holz I	6							2	
Discula campestris	Holz I	16			4		2			2
	Holz II	18	2		7				3	1
	6Rsch	21								1
Cryptosporiopsis	Holz I	6	2						2	
	Holz II	10			1	3		1		2
	5 Rsch	12						1		
Fusarium spec.	Holz I	8		1			4			
	Holz II	10					7		2	4
	3 Rsch	9								
	1 sRf	6								2

Beimpfungen mit verschiedenen Pilzen führten an Bergahornen zu kleineren Rindenschäden, größere entstanden nur nach Beimpfungen mit Discula (Tab. 26). Die größte längliche Ausdehnung betrug elf Zentimeter, die Breite knapp drei Zentimeter (Abb. 26).

Tab. 26: Ergebnis der Bergahornbeimpfungen mit sechs Pilzarten

Revier	Inokulum	Impf-sätze	"Stanzen" Anzahl Rindennekrosen				"Kratzen" Anzahl Rindennekrosen			
			-	+	++	+++	-	+	++	+++
Hagenau	Kontrolle	4	8				8			
	Discula campestris	4	2	2		4	1	1	2	4
	Cryptosporiopsis spec.	4	4	3	1		7	1		
	Fusarium spec.	4	1	6	1		6	2		
	Fusarium lateritium	4	7	1			8			
	Pilzstamm $L9/48_{4b}$	2	4				4			
	Cylindrocarpon mali	2		2	2		2	2		
Grünau	Kontrolle	2	4				4			
	Discula campestris	2	2	2			3	1		
	Cryptosporiopsis spec.	2	1	3			2	1	1	
	Fusarium spec.	2	3	1			3	1		
	Fusarium lateritium	2	4				3	1		
	Pilzstamm $L9/48_{4b}$	1	2				2			
	Cylindrocarpon mali	1		2			1	1		

6.1.5. Zusammenfassung der Inokulationsergebnisse

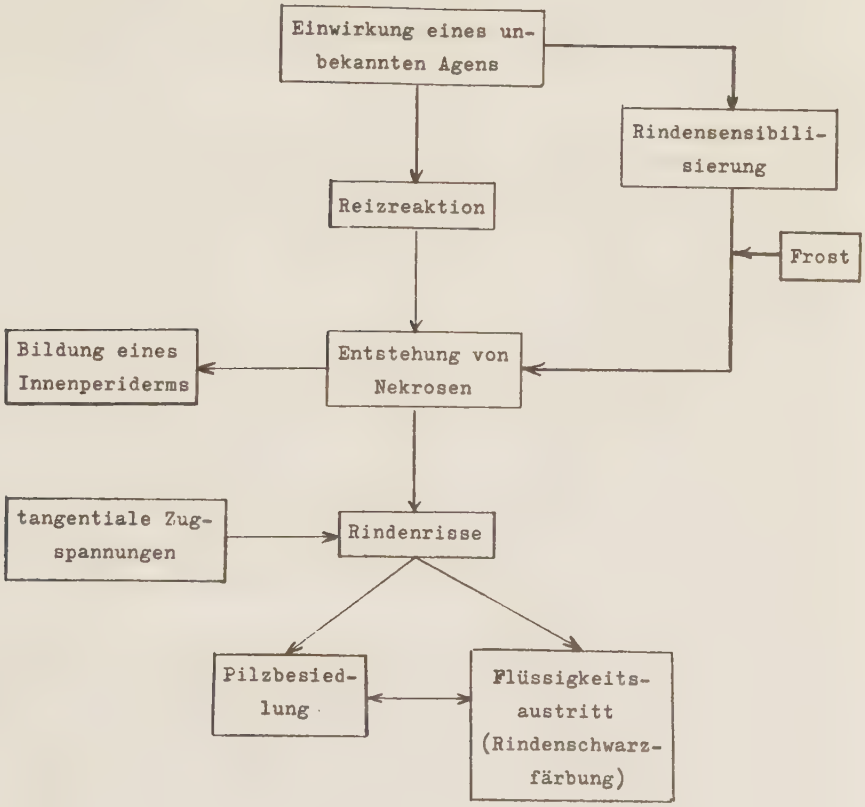
Durch Inokulationen konnte experimentell das für dieses Schadbild charakteristische Symptom in Form schwarzer Flecken induziert werden. Zwischen den Pilzarten waren deutliche Unterschiede hinsichtlich der Befallshäufigkeit und der Befallsintensität zu verzeichnen. Selbst bei Beimpfungen mit der gleichen Pilzart traten zwischen den beimpften Bäumen, aber auch zwischen den Impfsätzen am gleichen Baum, graduelle Befallsunterschiede auf.

Eine Reihe von Pilzen vermochte keine Schäden hervorzurufen, Inokulationen mit zwei Pilzen führten zu kleineren Rindenschäden und mit sechs Arten ließ sich mit unterschiedlicher Häufigkeit die Bildung schwarzer Flecken induzieren.
Hinsichtlich der Zahl und der Größe der verursachten Krankheitssymptome stellt Discula campestris das wohl wichtigste Pathogen dar. Die für die Inokulationen verwendeten Pilze konnten meist wesentlich häufiger aus dem geschädigten Gewebe isoliert werden als andere Pilzarten. Abimpfungen aus Rindenschildern verliefen bis auf wenige Ausnahmen negativ.

Generell erwiesen sich Bergahorne und Spitzahorne unter zehn Jahren, trotz der im Verhältnis zum Stammumfang erheblich größeren Impfwunden, als weitaus resistenter als 15 bis 20jährige Spitzahorne. Nur mit Discula ließen sich in einigen Fällen kleinere Rindenschäden an Spitzahornbäumchen erzielen und mehrmals größere an Bergahornen.

Die Krankheitssymptome beschränkten sich nicht nur auf die Impfstelle, sondern traten auch im benachbarten, intakten Gewebe auf, ohne daß zwischen ihnen und der Impfstelle Verfärbungen oder eine krankhafte Veränderung im dazwischen liegenden Rindengewebe erkennbar gewesen wäre. Als Ursache für ihre Entstehung wird eine Wundreizreaktion vermutet.
Wegen dem Fehlen von Verletzungen an äußerlich nicht erkennbaren Nekrosen an natürlich erkrankten Bäumen wird als Ursache für deren Entstehung ebenfalls eine Reizreaktion vermutet. Skizze 1 vermittelt eine Vorstellung über den hypothetischen Krankheitsverlauf.

Skizze 1:
Hypothetischer Verlauf der zur Bildung der Nekrosen mit schwarzen Flecken führenden Krankheit



8.2. Blattinokulationen

Bei den von Totästen im Kronenbereich ausgehenden Schäden könnte die Krankheit von pilzbefallenen Blättern ihren Ausgang genommen haben. Da Discula am häufigsten aus geschädigtem Rinden- und Holzgewebe isoliert wurde und bei den Rindeninfektionsversuchen über die größte Pathogenität verfügte,wurden mit diesem Pilz Blattinfektionen durchgeführt.
Die Versuche sollen klären,ob Discula campestris unverletzte Ahornblätter zu infizieren vermag,welches Krankheitsbild entsteht und welcher Krankheitsverlauf daraus resultiert. Hierzu wurden im Labor und im Freiland Infektionen an Spitz- und Bergahornblättern durchgeführt.

8.2.1. im Labor,1980

Nach der beschriebenen Methode wurden im Frühsommer 1980 Blattinokulationen im Labor an zwei vierjährigen, eingetopften Spitzahornen durchgeführt. Nach drei bis vier Tagen zeichneten sich um die meisten Impfstücke dunkelbraune Verfärbungen ab, die sich in den nächsten Tagen noch vergrößerten. Während der Versuchsdauer schwankten die Temperaturen im Labor zwischen 19° und 24°C und stiegen nach dem sechsten Tag infolge einer beginnenden Hitzeperiode auf 26°C an. Nach sechs Tagen wurde die Plastikhülle von dem eingebeutelten Ästchen eines Spitzahorns abgenommen.
Die von den Impfstücken ausgehenden Nekrosen waren von rundlich-ovaler Gestalt und hatten gleichartiges Aussehen. Da sie sich weder an den freigelegten noch an den in der Kammer befindlichen Blättern vergrößerten, wurde nach acht Tagen auch dieses Ästchen von dem Beutel befreit. Wachstumsversuche mit Discula auf Malzagar (siehe Kap.12.1.) hatten ergeben, daß der Pilz bei Temperaturen von 26°C und darüber nicht mehr zu wachsen vermag. Dies könnte der Grund für den Ausbreitungsstopp der Nekrosen gewesen sein.

Insgesamt wurden 17 Beimpfungen durchgeführt. In elf Fällen bildeten sich Nekrosen mit einem Durchmesser von 0,9 bis 2,7cm, viermal war der unter dem Impfstück liegende Blatteil nekrotisiert, in einem Fall zeichnete sich unter der Mycelauflagestelle eine schwache Blattverfärbung ab und einmal traten wie bei den zehn Kontrollen keine Schäden auf. Durch dieses Ergebnis wurde bewiesen, daß Discula campestris unverletzte Spitzahornblätter zu infizieren vermag.

Bei diesem Versuch wurde eine Beobachtung gemacht, die für das natürliche Infektionsgeschehen im Freiland von Bedeutung sein könnte. Durch Berührung zweier Blätter in einem Plastikbeutel wurde die Infektion von einem beimpften Blatt auf den Blattstiel eines anderen übertragen. Nach Ende der etwa dreiwöchigen Hitzeperiode wurden die Inokulationsversuche wieder aufgenommen, die aber in der Folgezeit größtenteils negativ verliefen.

8.2.2. im Labor, April 1981

Die Ergebnisse der Blattinokulationen von 1980 lassen eine ontogenetisch bedingte Verschiebung der Blattdisposition mit fortschreitender Zeit vermuten. Deshalb wurden zur Überprüfung dieser vermuteten Altersresistenz die Beimpfungen von 1981 unmittelbar nach Laubausbruch und zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt.

Beimpft wurden je ein fünfjähriges Spitz- und Bergahornbäumchen mit Sporen und Mycel von Discula campestris. Während des sechstägigen Versuchszeitraums schwankten die Temperaturen in der feuchten Kammer zwischen 19°C und 25°C, Ein aufgestellter Hygrograph zeigte eine relative Luftfeuchtigkeit zwischen 92% und 100% an. Nach sechs Tagen wurde der Versuch abgebrochen und ausgewertet.

Sämtliche Kontrollversuche verliefen negativ. Zwar waren sechs Malzagarscheibchen der Kontrollen von einem unbekannten Pilz bewachsen, doch Schäden an den Blättern traten nicht auf. Ein Vergleich zwischen den beimpften Blättern der beiden Baumarten ergibt für den Spitzahorn eine wesentlich höhere Infektionsrate und auch einen deutlich größeren Durchmesser der Blattnekrosen (Tab. 27). Gegenüber den Mycelinokulationen an Spitzahornblättern erwiesen sich Beimpfungen mit Sporensuspensionen als erfolgreicher und auch Blattnekrosen,größer als 3mm,waren häufiger. Unabhängig vom Impfmaterial war die Befallshäufigkeit an Bergahornblättern etwa gleich. Der Nekrosendurchmesser bewegte sich immer unter 4mm.

Tab. 27: Ergebnis der Blattinokulationen an Spitz- und Bergahornen mit Discula campestris
Beimpfung: 23.4.1981

Baumart	Inokulum	Zahl der Beimpfungen			Durchmesser der Blattnekrosen					
		gesamt	positiv		1mm		2-3mm		4-22mm	
			absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%
Spitzahorn	Kontrolle	15	-							
	Mycel	110	75	68	31	28	14	12,7	30	27,3
Bergahorn	Kontrolle	14	-							
	Mycel	53	9	17	7	13,2	2	3,8		
Spitzahorn	Kontrolle	10	-							
	Sporen	46	37	80,5	2	4,3	4	8,7	31	67,4
Bergahorn	Kontrolle	11	-							
	Sporen	43	6	14	4	9,3	2	4,6		

Pilzreisolierung: Obwohl die Bildung der Nekrosen eindeutig von den Impfstücken ausging,sollte der Beweis für die durch Discula verursachten Blattschäden durch Reisolierungen erbracht werden.
Hierzu wurden kleine Stücke aus dem nekrotisierten Gewebe ausgeschnitten und auf Malzagar gelegt. Zuvor waren die Blätter sorgfältig mit autoklaviertem Aqua dest. abgewaschen worden um äußerlich anhaftende Sporen bzw. Hyphen zu entfernen. Aus allen Proben wuchs je ein Pilz,der mit zwei Ausnahmen eindeutig als Discula identifiziert werden konnte (Tab. 28).

Tab. 28: Ergebnis der Pilzisolierungen aus nekrotisiertem Blattgewebe; der erste Wert in der Tabelle gibt die Zahl der Abimpfungen an, der zweite die Häufigkeit der Reisolierung von Discula

Baumart	Inokulum	Durchmesser der Nekrosen			
		1mm	2-3mm	4-22mm	gesamt
Spitzahorn	Mycel	14/14	8/8	15/14	37/36
	Sporen	2/2	3/3	16/16	21/21
Bergahorn	Mycel	5/5	2/1		7/6
	Sporen	3/3	2/2		5/5

Wenn auch aus zwei Nekrosen Discula nicht isoliert werden konnte,so darf doch mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden,daß deren Bildung wegen ihrer Identität mit den anderen Nekrosen von Discula verursacht worden ist.
Bei den beiden unbekannten,sehr rasch wachsenden und reichlich Luftmycel bildenden Pilzen handelt es sich vermutlich um Sekundärbesiedler,welche Discula überwuchsen.
Durch die hohe Reisolierungsrate wurde Discula eindeutig als Verursacher der Blattnekrosen nachgewiesen.

8.2.3. im Labor,Juni 1981

Zwei Monate nach der ersten Beimpfung wurden die Blätter von dem gleichen Spitz- und Bergahorn unter gleichen Versuchsbedingungen erneut beimpft. Die Schwankungen der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit entsprachen in etwa denen der ersten Beimpfung.
Die Ergebnisse zeigen (Tab. 29),daß Discula durchaus noch Spitzahornblätter zu infizieren vermag. Doch scheint wegen der geringen Befalls-

häufigkeit und der geringen Größe der Nekrosen -verglichen mit den Ergebnissen der Blattinokulation vom April- eine gesteigerte Eindringungs- und Ausbreitungsresistenz der Blätter vorzuliegen. Bei den ohnehin weniger infektionsanfälligen Bergahornblättern verliefen sämtliche Impfversuche negativ.
Um eine Agarkontrolle an einem Spitzahornblatt bildete sich eine Faulstelle mit zackigen Ausläufern. Durch ihre unregelmäßige Form unterschied sie sich deutlich von den runden Nekrosen der mit Mycel und Sporen von Discula beimpften Blätter

Tab. 29: Ergebnis der Infektionsversuche an Spitz- und Bergahornblättern mit Discula campestris
Beimpfung: 30.6.1981

Baumart	Inokulum	Zahl der Beimpfungen		Durchmesser der Blattnekrosen		
		gesamt	positiv	1mm	2-3mm	4-5mm
Spitzahorn	Mycel	27	8	5	1	2
	Kontrolle	11	1			(1,4cm)
	Sporen	64	11	4	6	1
	Kontrolle	16	-			
Bergahorn	Mycel	26	-			
	Kontrolle	15	-			
	Sporen	52	-			
	Kontrolle	18	-			

Unmittelbar nach Abnahme der Impfstücke wurden nach der oben beschriebenen Methode Abimpfungen vorgenommen. Aus allen 19 Blattnekrosen wurde Discula isoliert. Vier Abimpfungen aus der Faulstelle der Kontrolle erbrachten viermal den gleichen, aber von Discula verschiedenen Pilz.

Die Ergebnisse der zu verschiedenen Zeitpunkten beimpften Ahorne erhärten die Vermutung, daß sich mit dem Älterwerden der Blätter deren Eindringungs- und Ausbreitungsresistenz erhöht.

8.2.4. im Freiland, 1981

Bereits beim Beimpfen war ein großer Teil der Impfstücke durch Wind sowie beim Überziehen und Abnehmen der Abdeckplane abgefallen. Es wurden nur die Beimpfungen erfaßt, bei denen das Impfstück noch auflag. Sofern Blattnekrosen auftraten, hafteten diesen die Impfstücke noch an. Jeweils sieben Tage nach Beimpfung wurden die Versuche ausgewertet.

1. Ergebnis der ersten Beimpfung

Zum ersten Zeitpunkt (19.5.81-26.5.81) wurden Blätter von zwei Spitzahornen und einem Bergahorn beimpft. 12 Mycelinokulationen beim Spitzahorn und sieben beim Bergahorn sowie 48 Beimpfungen mit einer Sporensuspension am Spitzahorn und 23 beim Bergahorn verliefen einschließlich einer größeren Zahl entsprechender Kontrollen negativ.

2. Ergebnis der zweiten Beimpfung

Für die zweite Beimpfung (26.5.-2.6.1981) wurden Blätter von zwei anderen Spitzahornen und einem Bergahorn verwendet. Sporen- und Mycelinokulationen führten an Spitzahornblättern zur Bildung von Nekrosen, an Bergahornblättern hingegen verliefen sie negativ (Tab. 30).

Tab. 30: Ergebnis der Beimpfungen an Spitz- und Bergahornblättern im Freiland

Baumart	Inokulum	Zahl der Beimpfungen			Durchmesser der Nekrosen	
		gesamt	positiv		1-2mm	4-6mm
			absolut	%		
Spitzahorn	Mycel	21	6	28,6	2	4
	Kontrolle	13	-			
	Sporen	53	7	13	7	
	Kontrolle	8	-			
Bergahorn	Mycel	12	-			
	Kontrolle	5	-			
	Sporen	13	-			
	Kontrolle	12	-			

Zur Reisolierung des Pilzes wurde nach der beschriebenen Methode verfahren. Aus allen 13 Nekrosen konnte Discula isoliert und eindeutig identifiziert werden.

3. Ergebnis der dritten Beimpfung

Bei dem letzten Versuch (2.6.-9.6.1981) erbrachten 11 Beimpfungen mit Mycel und 10 mit einer Sporensuspension am Spitzahorn sowie 15 bzw. 14 am Bergahorn keinen Infektionserfolg.

Zusätzlich zu allen Beimpfungszeitpunkten wurden jeweils vier Blätter von einem Spitz- und Bergahorn mit einer Sporensuspension übersprüht. Blattschäden traten nicht auf.

Der wahrscheinlichste Grund für das Nichthaften der Infektion zum ersten und dritten Beimpfungszeitpunkt dürfte in den zu hohen Temperaturen (26-32°C) in den ersten Tagen nach der Beimpfung zu suchen sein. Beim zweiten Beimpfungszeitpunkt schwankten die Temperaturen in den ersten Tagen zwischen 11 und 22°C (tagsüber).
Die Temperaturen wurden durch einen Thermohygrographen in ein Meter Höhe gemessen. Die tatsächlichen Temperaturen in den feuchten Kammern dürften noch höher gewesen sein.

8.2.5. In vitro Blattinokulationen

Nur in geringem Umfang wurden Beimpfungen an abgeschnittenen Ahornblättern durchgeführt. Insgesamt gesehen konnten die Ergebnisse nicht befriedigen,da die Blätter an den Auflagestellen leicht zu faulen begannen. Als wesentliches Ergebnis soll festgehalten werden,daß die Infektionshäufigkeit an Spitzahornblättern zu Beginn der Vegetationsperiode größer war als zu späteren Zeitpunkten und daß sich die Nekrosen über das ganze Blatt ausdehnten.

8.2.6. Schadbild und Krankheitsverlauf

Die durch Pilzinfektionen gebildeten Blattnekrosen sind von rundlich-ovaler, scharfumgrenzter Gestalt und bräunlicher Farbe (Abb. 27). Ihre konzentrische Ausdehnung wird bei Auftreffen auf stärkere Blattnerven gestoppt. Bei Blattnekrosen ab einen Durchmesser von etwa 8mm wird der abgestorbene dunklere Innenteil durch eine 2-3mm breite, hellere Zone vom gesunden Gewebe abgegrenzt. Die Breite des schmalen Saumes ist jedoch nicht mit der Größe der nekrotisierten Blattfläche korreliert. Nach einiger Zeit färbt sich auch die hellere Zone dunkel und der nekrotisierte Blatteil bricht aus. Welkesymptome oder ein Einrollen der Blätter waren nicht zu beobachten.
Das Erscheinungsbild und der Krankheitsverlauf stimmen mit der von Laubert (1904) an Lindenblättern beschriebenen Blattkrankheit durch eine nahe verwandte Pilzart, Gloeosporium Tiliae Oud., verblüffend überein, Auch hier treten zu Beginn der Vegetationsperiode runde, scharf umgrenzte Blattnekrosen auf, die durch einen hellen, gelblich-braunen Saum abgegrenzt werden. Kurz vor Beginn des Sommers kommt die Krankheit zum Stillstand.

8.2.7. Mechanismus der Infektion

Um Einblick in den Infektionsmechanismus zu erhalten, wurden Untersuchungen am Rasterelektronenmikroskop durchgeführt. Von im Labor beimpften Spitzahornblättern wurden sowohl noch nicht nekrotisierte Stücke unter der Auflagestelle des Impfstücks als auch nekrotisierte Stücke ausgeschnitten. Letzteren wurde mittels Celloidin die Kutikula von der Epidermis abgezogen, um etwaige Bohrlöcher zu erkennen. Dann wurden die Präparate zur Oberflächenuntersuchung am REM vorbereitet.

Auf der Blattoberfläche hatte das Mycel Knäuelungen und Verdickungen ausgebildet, wobei von letzteren verschmälernde Fortsätze ausgehen (Abb. 28). Diese Strukturen könnten als Appressorium und Borhyphe gedeutet werden. Ein Eindringen der keilförmigen Mycelfortsätze wurde nicht beobachtet.

Auf der Blattoberfläche der anderen Probe befanden sich zahlreiche Löcher in der Epidermiszellwand. Rund um die Bohrlöcher waren Teile der Epidermiszellwand abgelöst,was auf eine enzymatische Einwirkung zurückzuführen sein könnte (Abb. 29). Demnach scheint die Blattinfektion nach dem Botrytis cinerea Mechanismus abzulaufen.

8.2.8. Ursachen für den Ausbreitungsstopp der Blattnekrosen

Es interessiert die Frage,ob die Ausbreitung von Discula im Blattgewebe und damit auch die der Nekrosen nach Überwindung der axenischen Resistenz durch eine antitoxische oder antiinfektionelle Abwehrreaktion gestoppt wurde.
Zur Untersuchung der antitoxischen Abwehrreaktion wurden die von Schwenke (1960) beschriebenen Tests an infizierten Blättern durchgeführt.
Zum Nachweis der histogenen und gummösen Demarkation wurde das Blattgewebe auf Wundperidermbildung und auf Gerbstoffbildung untersucht.
Der Test auf Wundperidermbildung verlief eindeutig negativ,beim Gerbstoffnachweis färbte sich sowohl das gesunde wie auch das nekrotisierte Gewebe leicht braunorange. Eine zonenartige Verfärbung zwischen beiden Bereichen war nicht zu erkennen. Gegen eine antitoxische Abwehrreaktion spricht ferner,daß zur Ausbildung einer Demarkationszone dem betreffenden Gewebe eine genügend lange Zeit zur Verfügung stehen muß. Dies wird durch Herabsetzung der für das Pilzwachstum erforderlichen hohen Luftfeuchtigkeit erreicht. Schwenke hat beispielsweise für Septotis populiperda einen Zeitraum von acht Tagen ermittelt. Durch Discula induzierte Blattnekrosen kamen aber bereits vor Öffnung der Feuchtkammern zum Stillstand.
Da Discula aus dem geschädigten Gewebe reisoliert werden konnte und aufgrund der Beobachtung,daß vom Baum losgelöste Blätter mit zum Stillstand gekommenen Nekrosen sich diese in Feuchtkammern über das ganze Blatt ausbreiten,wird als Ursache für den Ausbreitungsstopp der Nekrosen eine antiinfektionelle,biochemisch bedingte Abwehrreaktion vermutet.

9. Antagonistische Wirkungen zwischen pathogenen Pilzen und Wachstumstests

Anlaß zu diesen Untersuchungen gab die recht unterschiedliche Reisolierungshäufigkeit der für die Rindeninokulationen verwendeten Pilze. Es wird vermutet, daß sie durch Sekundärbesiedler überwachsen bzw. in ihrer Ausbreitung gehemmt werden.

Deshalb wurde von sechs Pilzen, welche bei den Rindeninokulationsversuchen die Bildung von Rindennekrosen mit schwarzen Flecken induziert hatten, die Wachstumsgeschwindigkeit bestimmt und ihre gegenseitige Beeinflussung auf Malzagar bei 21°C untersucht.

Zur Feststellung einer gegenseitigen Beeinflussung wurden die Pilze paarweise auf Malzagar einander gegenüber gesetzt. Sofern die schnellwachsenden Pilze gegenüber den langsam wachsenden einen deutlichen Wachstumsvorsprung hatten, wurde letzteren in Erweiterung der Versuche eine Vorgabezeit von einigen Tagen gewährt, so daß sie bei einem genügend großen Abstand voneinander etwa gleiche Wuchsgröße hatten. Wesentliche Unterschiede in der gegenseitigen Beeinflussung waren gegenüber den Versuchen ohne Vorgabezeit nicht festzustellen.

Nach ihrem Verhalten gegenüber dem Partner werden sie in drei Gruppen eingeteilt:

++ =starke Wachstumshemmung des Partners vor Zusammentreffen der Mycelien, Aufbau einer Mycelfront zum Antagonisten hin

\+ =Verlangsamung des Wachstums zum Antagonisten hin

\- =keine deutliche Verlangsamung des Wachstums

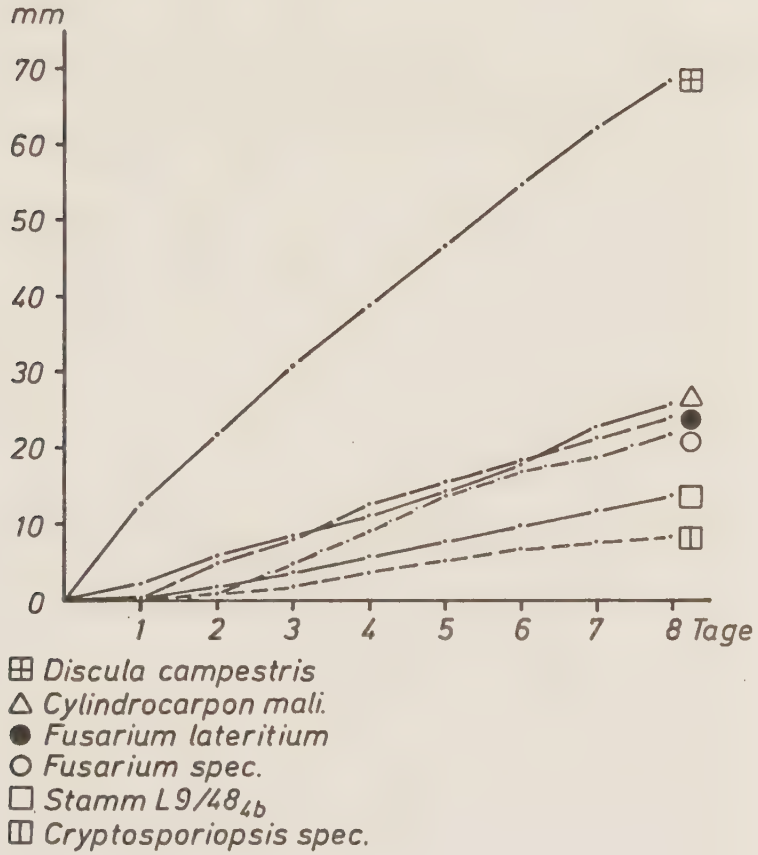
In Tab. 31 ist der Grad der gegenseitigen Beeinflussung für sechs Pilzarten dargestellt. Beide Fusariumarten vermögen bereits auf eine Entfernung von etwas über einen Zentimeter das Wachstum von Discula und Cylindrocarpon zu stoppen, wobei die gehemmten Kulturen eine weiße Mycelfront zum Antagonisten hin aufbauen. Den beiden Antagonisten widerfährt keine sichtbare Hemmung und sie wachsen bis zur Berührung des Partners weiter (Abb. 30). Beide Fusariumarten hemmen sich etwas im gegenseitigen Wachstum und Fusarium lateritium wird auch durch einige andere Arten leicht gehemmt. Keine oder nur eine geringe negative Beeinflussung geht von Cylindrocarpon und Discula aus, während beide von mehreren Pilzarten gehemmt werden. Stärkere Wachstumshemmungen waren zwischen den restlichen Arten nicht zu verzeichnen.

Tab. 31: Grad der gegenseitigen Beeinflussung mit sechs pathogenen Pilzarten

Wirkung von	Grad der Einwirkung auf: Discula campestris	Fusarium lateritium	Fusarium spec.	Stamm L9/48 4b	Cryptosporiopsis spec.	Cylindrocarpon mali
Discula campestris		-	-	-	-	+
Fusarium lateritium	++		+	+	-	++
Fusarium spec.	++	+		-	-	++
Stamm L9/48 4b	-	+	-		+	-
Cryptosporiopsis spec.	+	+	-	+		-
Cylindrocarpon mali	-	-	-	-	-	

Bei den Wachstumstests (Abb.31) zeichnet sich Discula gegenüber den anderen Pilzen durch eine weitaus höhere Geschwindigkeit aus.
Die geringe Reisolierungsrate für Cryptosporiopsis ließe sich durch das langsame Wachstum dieses Pilzes erklären, die hohe Reisolierungsrate der beiden Fusariumarten durch die von ihnen ausgehende antagonistische Wirkung.

Abb. 31: Wachstumsgeschwindigkeit von sechs Pilzarten auf Malzagar (2% Malz, 1,5% Agar) bei 21°C



10. Sporenkeimung und Keimschlauchbildung von Discula campestris in Blattpreßsäften.

Nach geglückter Infektion muß der Parasit zu seiner weiteren Ausbreitung die im Wirt vorhandenen Abwehrkräfte überwinden. Um zu klären,ob die Blattinhaltsstoffe von Einfluß auf die Sporenkeimung und auf die Keimschlauchbildung sind,wurden Sporen von Discula campestris in Blattpreßsäfte von Spitz- und Bergahorn gegeben.

Vergleicht man die in Tab. 32 aufgeführten Werte,so lassen sich in Bezug auf die Keimschlauchlänge vier Feststellungen treffen:

- gegenüber dem Kontrollwert fördern die Preßsäfte beider Blattarten die Keimschlauchbildung erheblich
- neben der stark fördernden Wirkung der Preßsäfte muß von ihnen auch eine schwach hemmende Wirkung ausgehen,denn sonst wären die Keimschläuche in der 1/10 Verdünnung nicht deutlich länger als in den Preßsäften
- zwischen beiden Preßsäften ist die fördernde Wirkung im Spitzahornblattpreßsaft und bei den 1/10 und 1/100 Verdünnungen größer als bei den entsprechenden Werten im Bergahornblattpreßsaft
- mit zunehmender Verdünnung der Preßsäfte nähern sich die Werte der Keimschlauchlängen dem der Kontrolle

Die Wirkung der Preßsäfte drückt sich nicht nur durch die Förderung der Keimschlauchlänge aus,sondern erhöht die Keimrate von rund 60% (bei hoher Luftfeuchtigkeit) auf 90% und mehr. Des weiteren kommt es unter der Wirkung der Preßsäfte bei allen keimenden Sporen zu einer starken Volumenzunahme,die das für die Sporenkeimung erforderliche Maß an Quellung weit übersteigt (Abb. 32).

Verglichen mit den Keimschläuchen in der Kontrolle waren die in den Preßsäften mindestens doppelt so dick und oft wurden sie in kurzen Abständen durch Querwände septiert. In vielen Fällen wurden die Sporen und der dahinterliegende Keimschlauchabschnitt von einer Art "Hof" umgeben. Da sich dieser "Hof" mit Lactophenolblau anfärben ließ -er trat bei den Kontrollen und in höheren Preßsaftverdünnungen nicht auf- ist er Bestandteil der Zellwand. Wahrscheinlich handelt es sich bei dieser Verdickung um eine Gallerthülle.

Diese Phänomene waren nach dem ersten Verdünnungsschritt noch in abgeschwächter Form zu beobachten und teilweise auch noch nach dem zweiten Verdünnungsschritt.

Tab. 32: Discula campestris: Einfluß von Blattpreßsäften von Spitz- und Bergahorn auf die Keimschlauchlänge
Zeitpunkt: 13.4.1981

Verdünnung	Keimschlauchlänge (µm)		
	Blattpreßsaft von		Kontrolle
	Spitzahorn	Bergahorn	Aqua dest.
unverdünnt	148	63	34
1 : 10	206	168	
1 : 100	126	56	
1 : 1000	48	34	
1 : 10000	36	38	

Aus den in Abschnitt 2.9. dargelegten Gründen war eine Weiterführung der Versuche nur noch mit Bergahornblattpreßsäften möglich. In allen Versuchen traten an den Sporen und Keimschläuchen die beschriebenen Effekte auf. Mit dem Älterwerden der Blätter verstärkte sich die vom Preßsaft ausgehende Hemmwirkung. In zwei Fällen wurden von den stark aufgeblähten Sporen keine oder nur noch Ansätze von Keimschläuchen ausgebidet. Hier verlagerte sich die fördernde Wirkung auf die 10^{-1} und 10^{-2} Verdünnung (Tab. 33).
Bei den nichtgekeimten Sporen der beiden Kontrollversuche waren keine erkennbaren Veränderungen festzustellen. Da bei allen übrigen Kontrollversuchen die Keimrate sehr niedrig liegt, werden als Ursachen die fehlende induktive Wirkung von Nährstoffen und Sauerstoffmangel vermutet. Letztere Annahme stützt sich auf die Beobachtung, daß bei den am Rande des Wassertropfens liegenden Sporen die Keimrate wesentlich höher ist als bei den anderen Sporen und die Keimschläuche in den wasserfreien Bereich vordringen.

Da mit zwei Ausnahmen die Keimschlauchlängen gegenüber dem ersten Sporenkeimungsversuch keine signifikanten Unterschiede aufweisen, läßt sich keine präinfektionell gesteigerte Hemmwirkung der Preßsäfte mit dem Älterwerden der Blätter herleiten.

Tab. 33: Discula campestris: Einfluß von Bergahornblattpreßsäften auf die Keimschlauchlänge

		Keimschlauchlänge (µm)					
		Versuchszeitpunkt					
		3.6.	14.7.	18.7.	4.8.	28.8.	5.9.
Kontrolle	Aqua dest.	-	46	49	-	29	62
Bergahornblattpreßsaft	unverdünnt	87	48	44	-	58	-
	1 : 10	102	126	179	47	139	89
	1 : 100	145	51	131	81	82	119
	1 : 1000	77	51	65	34	38	58
	1 : 10000		30				
	1 : 10000		54				

11. Untersuchungen zur Morphologie und Systematik von Discula campestris

11.1. Die Nebenfruchtform

Discula campestris (Pass.) bildet auf Malzagar ein konzentrisch wachsendes Substratmycel mit einer dunkelbraunen Innenzone,die sich durch ringartige Abstufungen zur Peripherie hin aufhellt und durch eine helle Randzone begrenzt wird. Je nach Malzkonzentration entsteht über dem braun verfärbten Innenteil ein unterschiedlich dichtes,niedriges,flockiges Mycel. Das Substratmycel kann sich strähnig durch Pigmentierung schwarz verfärben. Selten bilden sich auf dem Substrat vereinzelt Pyknidien. Sporenbildung an den Hyphen wurde nicht festgestellt.
Auf dampfsterilisierten Spitzahornblättern bilden sich nach etwa zwei Wochen zahlreiche kugelige,schwarze Pyknidien,die von einem lockeren Hyphengeflecht umgeben sein können. Durch eine Öffnung an der Oberseite entlassen sie weiße Sporenmassen (Abb. 33).Der Pyknidiendurchmesser schwankt zwischen 130 und 300µm. Den kurzen Sporenträgern sitzen einzellige,hyaline,ellipsoide Pyknosporen auf,an deren Ende je ein Öltröpfchen vorhanden sein kann (Abb. 34). Die Größe der Sporen beträgt 6-8µm x 2-3µm.

Abb. 34: Pyknosporen von Discula campestris

Die an verschiedenen Wirten vorkommenden Nebenfruchtformen können morphologisch nicht voneinander unterschieden werden. Folgende Synonyme werden von Arx (1970) für Discula campestris (Pass.) angeführt:

Gloeosporium campestre Pass.
Gloeosporium acericola All.
Gloeosporidium acericola (All.) v. Höhnel
Gloeosporium multipunctatum Dearn.
Gloeosporium opacum Kab. & Bub.

Aufgrund der Morphologie des Fruchtkörpers ist Discula campestris in die Reihe der Sphaeropsidales zu stellen.

An dieser Stelle soll nicht auf die etwas verworrene,teilweise widersprüchliche Systematik der Nebenfruchtformen eingegangen werden.Über die phytopathologische Bedeutung von Discula campestris gibt es kaum Angaben. Nach Arx (1970) verursacht der Pilz an Blättern helle oder braune Nekrosen.

11.2. Mutmaßliche Haupfruchtform

Durch Verwendung von natürlichem Substrat und synthetischen Medien sowie durch Kreuzungen mit mehreren Disculastämmen wurde versucht,den Pilz zur Bildung der Hauptfruchtform anzuregen. Kein Versuch erbrachte das gewünschte Ergebnis.
Auf der Suche nach der zu Discula zugehörigen Hauptfruchtform wurde in den Revieren der Donauauen und an beiden Standorten im Revier Hagenau an faulenden Spitzahornblattstielen Fruchtkärper von Gnomonia gefunden. Die zahlreich vorhandenen Perithecien sind in das Substrat eingesenkt,so daß nur die verlängerte Mündung hervorragt. Die fast runden Fruchtkörper haben einen Durchmesser von 220-400µm,eine Höhe von 350-470µm,die je nach Länge des Schnabels auch bis zu 600µm betragen kann.

Die Asci haben keulenförmige Gestalt,sind kurz gestielt,45-58µm lang und 10µm breit und tragen am Scheitel deutlich erkennbare Apikalringe. Die Ascosporen scheinen ordnungslos in den Asci zu liegen;sie sind 12-18µm lang, 3µm breit,spindelförmig,an beiden Enden leicht abgerundet und in der Mitte septiert (Abb. 35).Nach den Beschreibungen und Maßen von Barr (1978) und Winter (1887) handelt es sich um Gnomonia cerastis (Riess.) Ces. et Not.[x]
Da weder für Gnomonia cerastis noch für Discula campestris Angaben über die zugehörige Nebenfruchtform bzw. die Hauptfruchtform vorhanden sind,wurden die beiden Fruchtformen auf ihre Zusammengehörigkeit untersucht.
Hierzu wurde mit Ascosporen von Gnomonia cerastis eine Sporensuspension erstellt und Mycelreinkulturen gewonnen. Dampfsterilisierte Spitzahornblätter wurden mit dem Mycel beimpft und die gebildeten Pyknidien und

---

[x]Herrn Prof. Dr. Butin möchte ich für die Artbestimmung danken

Pyknosporen mit denen von Discula campestris verglichen.

Morphologisch und größenmäßig stimmen die Pyknidien und Pyknosporen mit den oben angegebenen Beschreibungen und Maßen weitgehend überein. Bei den über die Ascosporen gewonnenen Kulturen sind die Pyknosporen 6-10µm,meist 8µm lang und somit im Durchschnitt etwas größer als die Pyknosporen von Discula campestris. Trotz dieses kleinen Unterschiedes darf die Zusammengehörigkeit zwischen beiden Fruchtformen als sehr wahrscheinlich gelten.

12. Das Verhalten von Discula campestris in vitro

Nach Gäumann (1951) ist eine hinreichende Luftfeuchtigkeit die Vorbedingung für die Einleitung einer Infektion,während die Temperatur innerhalb eines weiten Rahmens nur differenzierend wirkt.
Für diese beiden Umweltfaktoren wurden mit dem wichtigsten Schaderreger Untersuchungen zur Bestimmung der Hydratur- und Temperaturgrenzwerte durchgeführt. Als Kriterien für deren Beurteilung dienten die Mycelwachstumsgeschwindigkeit und die Keimschlauchlänge.

12.1. Einfluß der Temperatur auf das Mycelwachstum und die Keimschlauchlänge

Durch das sehr gleichmäßige,konzentrische Mycelwachstum gab es zwischen den Versuchen mit gleichen Temperaturwerten nur geringe Unterschiede hinsichtlich des Kulturdurchmessers.Von vier Wiederholungen mit je zwei Serien wurden die Mittelwerte gegen die zugehörige Temperatur aufgetragen.
Wie Abb. 36 zu entnehmen ist, vermag das Mycel bei 4°C durchaus noch zu wachsen,nimmt kontinuierlich bis 21°C zu,erreicht hier sein Wachstumsoptimum,um dann mit steigender Temperatur sehr schnell im Wachstum zu stagnieren. Bereits bei 24°C kommt es zu einer unregelmäßigen Mycelausbreitung und bei 26°C erfolgt kaum noch Wachstum.

Von drei Versuchen wurde der Mittelwert der Keimschlauchlängen in Abhängigkeit von der Temperatur aufgetragen (Abb. 37). Wie schon beim Mycelwachstum liegt auch hier das Temperaturoptimum bei 21°C,doch die Sporen zeigen gegenüber steigenden Temperaturen eine größere Verträglich-

Abb. 36: Kulturdurchmesser nach sechs Tagen in Abhängigkeit von der Temperatur

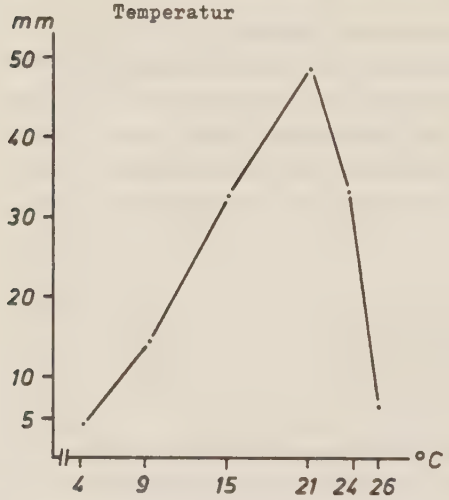
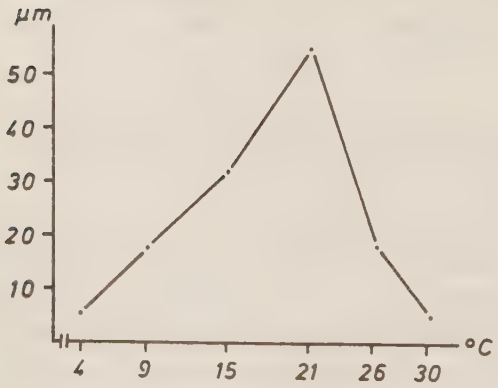


Abb. 37: Keimschlauchlänge nach 24 Std. in Abhängigkeit von der Temperatur



Zur Überprüfung, ob Discula niedrige Temperaturen zu überstehen vermag, wurden drei Kulturen für zehn Tage in einer Tiefkühltruhe bei -25°C aufbewahrt. Nach Erwärmung des Mediums auf Zimmertemperatur setzte der Pilz innenhalb eines Tages sein Wachstum mit normaler Geschwindigkeit fort. Diese Kälteverträglichkeit dürfte dem Pilz im Freiland auch bei länger anhaltenden tiefen Temperaturen ein Überdauern im Wirtsgewebe ermöglichen.

12.2. Abhängigkeit des Mycelwachstums und der Keimschlauchlänge von der relativen Luftfeuchtigkeit (r.L.)

Da vereinzelt Mycelscheibchen von den Glasscheiben abfielen bzw. sich einrollten und Verunreinigungen auftraten, wurden insgesamt fünf Versuchsreihen angesetzt und die Mittelwerte errechnet . Nicht wie erwartet liegt das Wachstumsoptimum bei 100% r.L., sondern bei etwas niedrigeren Werten (Abb. 38). Diese auch schon von Heintzeler (1939) und Schwenke (1959) an anderen Pilzarten gemachte Beobachtung wird offenbar durch eine gestörte Transpiration in wasserdampfgesättigter Luft bewirkt. Nach einer Woche bildeten sich bei 91,5% und 90,4% r.L. vom Impfstück ausgehende ,sehr kurze Hyphen. Demnach dürfte in diesem Bereich das Feuchtigkeitsminimum für das Mycelwachstum liegen.

Von vier Versuchen wurden die Mittelwerte der Keimschlauchlängen in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit aufgetragen (Abb.39). Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Mycelwachstumsversuche erfolgt ab 100% r.L. ein stetiger Abfall der Kurve. Nach einigen Tagen keimten auch die Sporen bei 92,4% und 91,5% r.L. Mit einer Verzögerung bis zu zwei Wochen bildeten sich bei 90,4% r.L. vereinzelt Keimansätze. Somit liegt auch für die Sporenkeimung das Feuchtigkeitsminimum bei 90,4%.
Mit 90,4% r.L. zählt Discula nach der Einteilung von Walter (1931) zu den mesophilen Arten.

Nach diesen Ergebnissen liegen die optimalen Keimungs- und Wachstumsbedingungen für Discula campestris bei relativ hoher Luftfeuchtigkeit und Temperaturen um 21°C. Im gleichen Grenzbereich bzw. etwas niedriger liegen nach Schneider (1954) die Feuchtigkeitswerte für verschiedene Fusariumarten, darunter auch für Fusarium lateritium. Wenn auch die Laborergebnisse wegen der Interferenzwirkung der Umweltfaktoren und sogenannter Imponderabilien nicht uneingeschränkt auf Freilandverhältnisse übertragbar sind, so stellen sie doch grundlegende Orientierungswerte dar.

Abb. 38: Kulturdurchmesser nach sechs Tagen in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit

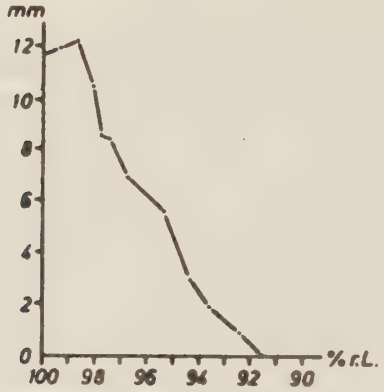
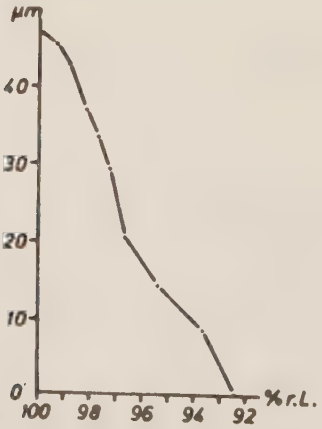


Abb. 39: Keimschlauchlänge nach 24 Std. in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit



14. Zusammenfassung

1. Seit etwa 10 Jahren kommt es an 15-30 jährigen Spitzahornen unter verschiedenen Symptomen zu Erkrankungen und Ausfällen an Auestandorten in Süddeutschland. Gleichaltrige Bergahorne sind von der Krankheit nicht betroffen.

2. Untersucht wurden die erkrankten Bestände der Reviere Rust und Kappel im Oberrheintal bei Ettenheim und die Reviere Grünau und Weichering in den Donauauen bei Ingolstadt sowie zwei Kleinbestände im Revier Hagenau in den Amperauen bei Moosburg. Bei den erkrankten Beständen handelt es sich um Pflanzungen, in denen der Spitzahorn gebietsweise zahlenmäßig dominiert.

3. Bei den Auestandorten im Oberrheintal und in den Donauauen handelt es sich um fruchtbare Böden deren pH im leicht alkalischen liegt; am Standort V2b^{2} in der Amperaue liegt der pH im stark sauren Bereich, am Standort V1a^{1} im leicht sauren.

4. Die Krankheitssymptome lassen sich zum größten Teil durch drei Schadbilder erfassen, die sowohl allein als auch kombiniert auftreten können: Absterbeerscheinungen im Stamm- und Kronenbereich und Dürrwerden der Krone, eine von der Stammbasis ausgehende dunkle Rindenverfärbung und Rindennekrosen mit schwarzen Flecken.

5. Bei der nur in den Beständen der beiden Reviere im Oberrheintal auftretenden dunklen Rindenverfärbung an der Stammbasis handelt es sich um Befall durch Armillaria.
Ausgehend von Hallimasch besiedelten Stubben erfolgt die Infektion über Wurzelkontakte.

6. Bei der zur Kronendürre führenden Krankheit ist zu differenzieren zwischen Absterbeerscheinungen die von Totästen ihren Ausgang nehmen und dem Absterben der Spitzahorne von der Baumspitze.

7. Das Absterben der Äste im Kronenbereich wird auf einen Angriff pathogener Pilze zurückgeführt, bei den Totästen im Stammbereich dürfte es sich um das Ergebnis einer natürlichen Astreinigung mit nachfolgendem Pilzbefall handeln.
Abimpfungen aus dem geschädigten Gewebe ergaben für die Rinde ein gehäuftes Auftreten von Cytospora ambiens, im Holz traten zahlen- und verteilungsmäßig Discula campestris und Fusarium lateritium häufiger auf.

8. Als Ursache für die in größerer Zahl am Standort V2b$^{2}_{=}$ im Revier Hagenau von der Baumspitze her absterbenden Spitzahorne wird ein Zusammenwirken mehrerer ungünstiger,standörtlich bedingter Faktoren vermutet. Hier sind zu nennen: Dichtstand gleichaltriger Bäume,starke Verdichtung am Standort,hohe Bodenacidität,Beschattung durch die den Bestand umgebenden Fichten und fehlender Grundwasseranschluß.
   Auslösender Faktor der zur Kronendürre führenden Krankheit dürften die Trockenperioden der siebziger Jahre gewesen sein.

9. Rindennekrosen mit schwarzen Flecken verteilen sich unregelmäßig über die Rinde im unteren Stammbereich. Rindenschäden werden durch ein Innenperiderm abgeriegelt,bis ins Holz reichende Schäden durch eine dunkle Reaktionszone begrenzt.

10. Die Dunkelfärbung der aus dem geschädigten Gewebe aussickernden Flüssigkeit wird nicht auf Kontaminationen zurückgeführt,sondern auf Oxidationsprozesse.

11. Unter dem unversehrten Phellem befindliche,äußerlich nicht erkennbare Rindennekrosen stimmen anatomisch mit denen der schwarzen Flecken überein. Die zwischen ihnen vorhandenen Unterschiede,Rindenrisse un Flüssigkeitsaustritt,werden als Sekundärerscheinungen gedeutet.

12. Von Nekrosen mit schwarzen Flecken wurden aus dem verfärbten Rindenbereich häufiger Discula campestris,Fusarium spec. und Fusarium lateritium isoliert,aus dem verfärbten Holzbereich wiederum Fusarium lateritium und Discula campestris. Nur in wenigen Fällen führten Abimpfungen von äußerlich nicht erkennbaren Rindennekrosen zur Isolierung von Pilzen.

13. Die zur Rindenschädigung führende Ursache ist unbekannt.
   Biotische und mechanische Schädigungen sind auszuscheiden.Es wird eine phytohormonell oder stoffwechselphysiologisch bedingte Störung durch abiotische,standörtliche Faktoren vermutet.

14. Mit den häufiger isolierten Pilzen wurden zu verschiedenen Zeiten Rindeninokulationen an unterschiedlich alten Spitz- und Bergahornen durchgeführt.

   Inokulationen an Spitzahornen verliefen mit sieben Pilzarten negativ. Mit drei Pilzen konnten kleinere Rindenschäden erzielt werden.

Durch Beimpfung mit sechs weiteren Pilzarten konnten alle typischen Schadsymptome (Rinden- und Holzschäden,Schwarzfärbung der Rinde,Bildung weißer,amorpher Substanzen und Wundgummikugeln),die an natürlich erkrankten Spitzahornen auftreten,induziert werden. Zusätzlich bildeten sich sogenannte Rindenschilder,die als spezifische Abwehrreaktion gedeutet werden. Bei den sechs Pilzen handelt es sich um:
Discula campestris (Pass.)
Fusarium spec.
Fusarium lateritium Nees
Cylindrocarpon mali (All.) WR.
Cryptosporiopsis spec.
unbekannter Pilzstamm $L9/48_{4b}$

15. Zwischen den sechs Pilzarten waren deutliche Pathogenitätsunterschiede hinsichtlich der Zahl und der Größe der Nekrosen und der schwarzen Rindenflecken zu verzeichnen. Am erfolgreichsten verliefen Inokulationen mit Discula campestris.

16. In wenigen Fällen führten auch Beimpfungen mit Pyknosporen von Discula campestris und Ascosporen von Gnomonia cerastis zu kleinen Rindenschäden und Schwarzfärbung der Rinde.

17. Bergahorne und Spitzahorne unter 10 Jahren erwiesen sich bei den Inokulationen als bedeutend resistenter als 15-18 jährige Spitzahorne. Auch traten an ihnen außer Rindennekrosen keine anderen Schadsymptome auf.

18. Im intakten Rindenbereich der beimpften Spitzahorne bildeten sich in Nachbarschaft zur Impfstelle kleine schwarze Flecken und Rindenschilder,ohne daß zwischen ihnen und der Impfstelle eine krankhafte Veränderung im Rindengewebe zu erkennen gewesen wäre.
Als Ursache wird eine von der Impfstelle ausgehende Wundreizreaktion vermutet.

19. Mit unterschiedlicher Häufigkeit konnten die für die Rindeninokulationen verwendeten Pilze reisoliert werden. Die Reisolierungsrate war für beide Fusariumarten sehr hoch,die für Cryptosporiopsis relativ niedrig und die der anderen Pilzarten variierte.

20. Von sechs Pilzarten,die bei den Rindeninokulationen größere Schäden verursachten,wurden die Wachstumsgeschwindigkeit und ihre gegenseitige Beinflussung in Dualkulturen untersucht. Discula campestris und Cylindrocarpon spec. werden stark von den beiden Fusariumarten im Wachstum gehemmt. Keine oder nur eine geringe Hemmung war zwischen den restlichen Pilzen zu verzeichnen. Von den sechs Pilzarten verfügt Discula campestris auf Malzagar über die größte Wachstumsgeschwindigkeit,Cryptosporiopsis spec. wächst am langsamsten.

21. An Wurzeln von Spitzahornen mit Kronendürre und Rindennekrosen mit schwarzen Flecken wurde keine Fäule festgestellt. Häufig wiesen die Wurzeln Deformationen und Störpunkte auf.

22. Zu Beginn der Vegetationsperiode mit Mycel und Sporen von Discula campestris durchgeführte Beimpfungen führten an Spitz- und Bergahornblättern zur Bildung rundlicher Nekrosen. Die Infektionshäufigkeit und die Größe der Nekrosen der Spitzahornblätter lagen deutlich über denen der Bergahornblätter.

23. Sporeninfektionen an Spitzahornblättern verliefen erfolgreicher als Mycelinokulationen; dieser Unterschied trat an Bergahornblättern nicht auf.

24. Zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführte Inokulationen waren an Spitzahornblättern weniger erfolgreich als zu Beginn der Vegetationsperiode; an Bergahornblättern haftete keine Infektion.

25. Blattinokulationen zu drei verschiedenen Zeitpunkten führten bei einem Versuch zur Bildung kleiner Nekrosen an Spitzahornblättern; Beimpfungen an Bergahornblättern verliefen negativ.

26. Die Abriegelung der Blattnekrosen erfolgt nicht durch gummöse oder histogene Demarkation,sondern wird auf biochemisch bedingte Abwehrreaktionen zurückgeführt.

27. Die Blattinfektion scheint nach dem Mechanismus der Botrytis cinerea Infektion zu verlaufen.

28. Blattpreßsäfte von Spitz- und Bergahornblättern wirken auf Sporen von Discula keimfördernd. Unter der Wirkung der Preßsäfte kommt es zu einer Aufblähung der Sporen und Keimschläuche. Zu einem späteren Zeitpunkt gewonnene Blattpreßsäfte von Bergahorn wirkten in zwei Versuchen hemmend auf die Sporenkeimung.

29. Die zu Discula campestris (Pass.) zugehörige Hauptfruchtform dürfte wahrscheinlich Gnomonia cerastis (Riess.) Ces. et Not. sein.

30. Das Temperaturoptimum für das Mycelwachstum und die Sporenkeimung liegt bei 21°C, das Temperaturminimum dürfte für beide etwas unter 4°C liegen. Für das Mycelwachstum wurde das Temperaturmaximum bei 26°C ermittelt, für die Sporenkeimung bei 30°C.

31. Das Minimum der relativen Luftfeuchtigkeit für die Sporenkeimung und das Mycelwachstum bewegt sich zwischen 90,4% und 91,5%, für die Sporenkeimung wurde ein Luftfeuchtigkeitsoptimum von 100% ermittelt, für das Mycelwachstum 98,1%.

14. Diskussion

Im Anschluß an die Trockenperioden zu Beginn und Mitte der siebziger Jahre häuften sich Meldungen über Erkrankungen und Ausfälle an Spitzahornen in Auewäldern.
Untersuchungen in den vom "Spitzahornsterben" betroffenen Beständen ergaben verschiedene Krankheitssymptome, die sich bis auf wenige Ausnahmen durch drei Schadbilder erfassen ließen. Auf Grund der Heterogenität der Krankheitssymptome und deren geographischen Verteilung wurden für deren Entstehung regionale und überregionale Ursachen vermutet, die durch die Untersuchungen auch bestätigt werden. Somit liegt dem "Spitzahornsterben" keine einheitliche Krankheitsursache zugrunde.

Von den drei Schadbildern wird das Absterben der Krone und die Schäden im Stamm- und Kronenbereich auf die auslösende Wirkung der Trockenperioden zurückgeführt, während der Befall durch Armillaria und die Bildung der Nekrosen mit schwarzen Flecken durch die Trockenperioden begünstigt worden sein dürften.
Hallimaschbefall und die von Totästen ausgehenden Schäden können durch Kompartimentierung abgeriegelt werden, sofern die Schäden noch nicht zu weit fortgeschritten sind (Shigo und Marx, 1977). Ein Absterben der Spitzahorne infolge von Rindennekrosen mit schwarzen Flecken dürfte nur in wenigen Fällen und dann nur unter Mitwirkung extremer Witterungsverhältnisse möglich sein.

Nach den Untersuchungsergebnissen steht die dunkle Rindenverfärbung an der Stammbasis in ursächlichem Zusammenhang mit einer unterhalb davon einmündenden, abgestorbenen Hauptwurzel. Durch enge Wurzelkontakte mit von Armillaria besiedelten Stubben bietet sich die jederzeitige Möglichkeit einer Infektion. Sie kann infolge einer physiologischen Schwächung der Spitzahorne durch Trockenperioden bzw. durch eine verminderte Hemmstoffproduktion während der Vegetationsruhe erleichtert worden sein und die weitere Pilzausbreitung ermöglicht haben. Gerade an gut mit Wasser versorgten Standorten wirkt sich ein länger andauernder Wassermangel besonders gravierend auf Bäume aus.
Neben den Wurzelkontakten wird den Stubben, meist Haselstöcke, als Infektionspotential besondere Bedeutung beigemessen. Es ist nicht auszu-

schließen,daß sich durch die ernährungsphysiologische Spezialisierung ein für Spitzahorn virulenter Biotyp herausgebildet hat. Der Einfluß der Ernährungsbasis in Hinblick auf eine Veränderung der Infektionsfähigkeit ist seit langem bekannt (Schwertdfeger,1970; Redfern,1975) und durch Childs und Zeller (1929) nachgewiesen worden.

Daß Armillaria bei dieser Baumkrankheit den Primärschädling darstellt,beweist unter anderem der punktuelle Angriff an nur einer Wurzel. Bei Befall durch andere Pilze oder sonstige Mikroorganismen sollte die Krankheit auch die anderen Wurzeln erfassen.

Warum Armillaria nicht weitere Spitzahorne und andere Baumarten befallen hat,könnte durch das Fehlen von Wurzelverletzungen erklärt werden. Wahrscheinlich liegt auch für die Baumarten und selbst innerhalb einer Art eine unterschiedliche Anfälligkeit gegenüber Armillaria vor. Wargo (1975) wies bei Laubbäumen nach,daß die Bildung der die Pilzzellwand auflösenden Chitinase und der ß,1-3-Glukanase zwischen und innerhalb der Baumarten variiert. Dies dürfte mit ein wichtiger Grund für das unterschiedliche Resistenzvermögen der Bäume sein.
Obwohl Armillaria auch in den anderen Beständen vorkommt,wurde kein Befall an lebenden Bäumen festgestellt. Selbst in dem schwer geschädigten Bestand im Revier Hagenau waren die Wurzeln von Spitzahornen mit Kronendürre befallsfrei. Das Unvermögen zu infizieren könnte durch die hohe Bodenacidität bedingt sein. Nach Becker (1968) wird Armillaria auf stark sauren Böden kaum virulent.

Bei der zur Kronendürre führenden Krankheit ist aufgrund der verschiedenen Befallsstellen am Baum zu differenzieren zwischen Absterbeerscheinungen die von Totästen ausgehen und solchen die von der Baumspitze ihren Ausgang nehmen.

Bei den im Kronenbereich auftretenden Totästen sind abiotische Faktoren als primäre Schadursache auszuscheiden,denn sonst wären die sie umgebenden Äste nicht unversehrt. Bei ihnen scheint ein Angriff durch Pathogene -möglicherweise über eine Blattinfektion- stattgefunden zu haben. Durch nicht rechtzeitig erfolgte oder nicht ausreichende Abwehrreaktionen,bedingt durch den Baum schwächende Faktoren,konnten die Schäden auf den Stamm übergreifen. Von den häufiger isolierten Pilzen

scheint Discula campestris für das Krankheitsgeschehen von größerer Bedeutung zu sein.
Das Absterben der Äste im Stammbereich dürfte das Ergebnis einer natürlichen Astreinigung darstellen,da an der Astbasis eine dunkel verfärbte Schutzzone ausgebildet wurde,die Pilze in der Regel nicht zu durchdringen vermögen (Meyer-Wegelin,1936; Aufsess,1975). Die Vielzahl der von Totästen ausgehenden Stammschäden beweist aber,daß Pilzen die Durchdringung dieser Barriere gelungen ist. Wahrscheinlich kam es unter der Einwirkung der Trockenperioden zu Unterbrechungen in der Barriere.Sofern großflächige Stammschäden entstanden und nicht rechtzeitig abgeschottet wurden,führte die sich ausdehnende Fäule zum Absterben der Krone.

Die im Revier Hagenau,Standort V2b$^{2}_{=}$,von der Baumspitze her absterbenden Bäume dürften wegen deutlicher Zuwachsverluste gegenüber den gesunden zum Zeitpunkt des Absterbens bereits erheblich geschwächt gewesen sein. Durch Wassermangel während der Trockenperioden in den siebziger Jahren dürfte dann das Baumsterben ausgelöst worden sein. Für diese Annahme spricht,daß auch andere Baumarten -wenn auch weit weniger häufig- von der Kronendürre betroffen sind.

Bei der zum Absterben der Äste im Kronenbereich führenden Krankheit könnte der Angriff über eine Blattinfektion erfolgt sein. Im Zusammenhang mit diesem Schadbild werden die Ergebnisse der Blattinokulationen mit Discula campestris und die Keimschlauchbildung von Pyknosporen in Blattpreßsäften diskutiert.
Wie die Ergebnisse der im Labor und im Freiland durchgeführten Blattinokulationen zeigen,vermag Discula unverletzte Spitz- und Bergahornblätter zu infizieren. Ein Vergleich der Infektionsrate und der Nekrosengröße ergibt für die Bergahornblätter eine gesteigerte Eindringungs- und Ausbreitungsresistenz. Als Faktoren einer unterschiedlich starken,präinfektionellen Resistenz wären Unterschiede in der Zusammensetzung der Cuticularwachse und der Dicke der Cuticula sowie

eine Abgabe gasförmiger Pflanzenexudate zu vermuten.
Da die sich ausbreitenden Nekrosen in unterschiedlich weit fortgeschrittenem Stadium abgeriegelt werden,müssen zusätzliche,sehr wahrscheinlich biochemisch bedingte -gummöse und histogene Demarkationen waren nicht feststellbar- Abwehrreaktionen ablaufen. Nach den Ergebnissen der Blattinokulationen erhöht sich mit dem Älterwerden der Blätter deren Resistenz,die allerdings durch Auswaschen pilzhemmender Stoffe infolge von Regenfällen verringert werden kann (Dässler, 1959; Dix,1974). Auch war bei den Sporenkeimungen und der Längenentwicklung der Keimschläuche in den Blattpreßsäften beider Baumarten eine deutliche Förderung zu erkennen. Die Resistenz der Blätter dürfte stark von ihrem physiologischen Zustand abhängen. So dehnen sich abgeriegelte Blattnekrosen an vom Baum losgelösten Blättern über die ganze Fläche aus.
Führt man die nachträgliche Ausbreitung ursprünglich abgeriegelter Blattnekrosen auf einen Vitalitätsverlust zurück,so könnten Blätter nach Herabsetzung physiologischer Abläufe durch Pilze besiedelt werden und auf die Äste übergreifen.

Der Verdacht auf wurzelpathogene Pilze bestätigte sich nicht. Selbst an Bäumen mit abgestorbener Krone konnte,mit Ausnahme der von Armillaria befallenen Spitzahorne weder eine Wurzelfäule noch die für Verticilliumbefall charakteristischen ringförmigen Verfärbungen im Xylem festgestellt werden (Caroselli,1957). Obwohl der Spitzahorn durch Verticilliumarten besonders gefährdet ist (Bedwell und Childs, 1938; Zimm,1918),scheint der Pilz in den Auen nicht vorzukommen oder er vermag aus verschiedenen Gründen nicht zu infizieren. Hier wäre in erster Linie an die antagonistische Wirkung anderer Pilze zu denken (Catovic,1964; Catani und Peterson,1967).
Die von Olberg-Kallfass aufgeführten quantitativen Unterschiede der Wurzelhärchen an erkrankten Spitzahornen können nicht als Kriterium für eine mögliche Beeinträchtigung dienen,da sie durch eine endotrophe Mykorrhiza funktionell ersetzt werden können (Hoffmann,1960).

Bei den im Zusammenhang mit dem dritten Schadbild durchgeführten Untersuchungen wurden an Spitzahornen mit Rindennekrosen und schwarzen Flecken zusätzlich sehr kleine,äußerlich nicht erkennbare Rindennekrosen aufgefunden. Da keine äußerlich erkennbaren Einwirkungen festzustellen waren und sich durch Abimpfungen nur in wenigen Fällen Pilze isolieren ließen,wird eine pilzliche Infektionskrankheit als Krankheitsursache ausgeschlossen.
Vergleichende anatomisch-morphologische Untersuchungen ergaben zwischen den Rindennekrosen mit schwarzen Flecken und den äußerlich nicht erkennbaren keine Unterschiede. Deswegen werden die zwischen ihnen äußerlich vorhandenen Unterschiede,Schwarzfärbung der Rinde und Rindenrisse,als Folge sekundärer Einwirkungen gedeutet.

Durch das Auffinden der äußerlich nicht sichtbaren Rindennekrosen können Sonnenbrand und mechanische Verletzungen wie Hagelschlag und Fällungsschäden ausgeschlossen werden. Auch extreme Witterungsbedingungen scheinen wegen der Verteilung der kranken Bäume im Bestand wenig wahrscheinlich zu sein. Andernfalls sollten jüngere Spitzahorne wegen ihrer dünneren Rinde eher gefährdet zu sein. Ferner fehlten in den letzten Jahren extreme Witterungsbedingungen, gleichwohl traten schwarze Rindenflecken 1981 eher häufiger auf als in den zurückliegenden Jahren. Daß unter der Einwirkung oder als Folge ungünstiger Witterungsfaktoren das Auftreten der Krankheit gefördert werden kann, wird nicht in Abrede gestellt und auch durch das gehäufte Vorkommen nach harten Wintern und trockenen, heißen Sommern bewiesen (Conrad,1964; Freier,1961).

Eine Schädigung durch rindenanstechende Insekten würde nicht erklären, warum einzelne Bäume eine Vielzahl von Nekrosen aufweisen, die benachbarten hingegen nicht. Auch dürften Insektenstiche an 40 bis 50 jährigen Spitzahornen mit mächtig entwickelter Borke nicht möglich sein.

Bei Befall durch andere Mikroorganismen sollten diese durch den Phloemsaft im ganzen Baum verteilt werden und eine Vielzahl von Schadstellen hervorrufen. Auch müßte dann der Schadverlauf ein anderer sein. Stattdessen reichten die Nekrosen nicht immer bis zu den phloemsafthaltigen Siebröhren und sie wurden auch nach einiger Zeit überwallt.

Ein Eindringen von Pilzen über kleine Rindenrisse, die im Verlauf des sekundären Dickenwachstums infolge tangentialer Zugspannungen entstehen können, wird als Schadursache bei einen Teil der Nekrosen für durchaus möglich gehalten.

Bei den für die Rindeninokulationen verwendeten Pilzarten ergaben sich deutliche Pathogenitätsunterschiede. Unabhängig vom jeweiligen Beimpfungszeitpunkt und den verwendeten Stämmen einer Pilzart stimmen die Befallshäufigkeit und die Befallsintensität für die verschiedenen Pilze recht gut überein. Vom allgemeinen Trend abweichende Inokulationsergebnisse werden auf eine erhöhte, individuell bedingte Anfälligkeit der Bäume zurückgeführt.

Über die mit Abstand größte Pathogenität verfügte Discula campestris, ein Pilz der bisher nur als Blattschädling bekannt war.
Vier weitere Pilzarten, die als potentielle Parasiten bekannt sind, verursachten weniger starke Schäden. Zwei zählen zu den Fusarien, von denen viele als Erreger von Pflanzenkrankheiten bekannt sind (Wollenweber,1935). Cryptosporiopsis spec.,dessen zugehörige Hauptfruchtform sehr wahrscheinlich Pezicula cinnamomea (Pers.) ist, verursacht Rindenschäden an verschiedenen Baumarten und vermag diese auch abzutöten (Wagner,1896; Butin,1981) sowie eine Schwarzfärbung der Rinde am Rotahorn zu bewirken (Taylor,1979). Beim vierten Pilz handelt es sich um Cylindrocarpon mali (All.) WR.,die zugehörige Hauptfruchtform ist Nectria galligena (Wollenweber,1929). Der Pilz vermag Ahorne zu befallen (May,1961) und ruft an zahlreichen Bäumen Krebs hervor (Butin und Zycha,1973). Nur in wenigen Fällen führten Inokulationen mit dem nicht identifizierbaren, sterilen Pilzstamm $L9/48_{4b}$ zu kleineren Schäden und zur Schwarzfärbung der Rinde.

Obwohl sich durch die Untersuchungen über eine gegenseitige Beeinflussung der Pilzarten die unterschiedliche Reisolierungshäufigkeit recht gut erklären läßt, ergibt sich die einschränkende Bedeutung der Versuche aus der Kenntnis vielfältiger Wechselbeziehungen, die sich bei Substratwechsel (Eckstein und Liese,1970) oder geringen Kulturänderungen (Kaune,1969), Mycelalter (Rypacek,1966) und möglicherweise auch durch Temperaturänderungen verändern oder auch umkehren lassen. Nicht zu vergessen ist bei Antagonismen die Wirkung flüchtiger Stoffe (Lang,1973; Dennis und Webster,1971).

Wie durch die Infektionsversuche gezeigt wurde, konnten die für dieses Schadbild charakteristischen Symptome -speziell die Schwarzfärbung der Rinde- nachvollzogen werden. Bei der aus dem abgestorbenen Rindengewebe aussickernden Flüssigkeit handelt es sich nicht um das bekannte Bluten, wie es an manchen Bäumen nach Verletzungen zu beobachten ist, da die Zahl der schwarzen Rindenflecken in direkter Beziehung zur Pathogenität der Pilze steht. Bei sämtlichen Kontrollen und einer Reihe von Beimpfungen mit nichtpathogenen Pilzen war der Flüssigkeitsaustritt -mit Ausnahme am Baum C- nicht zu beobachten. Weil nur nach Inokulationen mit den häufiger isolierten Pilzen ein Flüssigkeitsaustritt zu erzielen war, scheint dieser durch Pilze induziert worden zu sein.

Ein weiteres, wichtiges Ergebnis der Inokulationsversuche stellen die Rindenschilder und die Nekrosen mit schwarzen Flecken insofern dar, als daß sie nicht nur an den Schadrändern um die Beimpfungsstelle auftreten, sondern auch im benachbarten, intakten Rindengewebe.
Dies zu deuten bieten sich drei Möglichkeiten an:

1. Es wird angenommen, daß es infolge der Pilzeinwirkung zu Störungen im Stoffwechsel kommt, deren Wirkung sich auch auf das benachbarte Rindengewebe erstreckt. Diese Störungen könnten sehr unterschiedlicher Natur sein. Hierbei wird primär an Veränderungen im Phytohormonhaushalt gedacht, da bereits geringe Schwankungen im abgestimmten, ineinandergreifenden Zusammenspiel der Hormone unterschiedlichste Reaktionen auslösen können (Börner, 1975).

2. Wie schon bei den schwarzen Flecken an natürlich erkrankten Bäumen wäre auch hier an die Einwirkung eines unbekannten Agens zu denken, das, begünstigt durch die Sensibilisierung der Rinde um die Impfstelle leichter anzugreifen vermag und so die gleichen Symptome hervorruft. Diese Annahme mag allerdings nicht zu erklären warum dieses Agens gehäuft an den mit Discula beimpften Rindenstellen angreift.

3. Eine weitere, wenig wahrscheinliche Erklärungsmöglichkeit ist, daß um die Inokulationsstellen bereits äußerlich nicht sichtbare Rindennekrosen vorhanden sind und daß durch die Beimpfungen bei ihnen ein Flüssigkeitsaustritt induziert wird. Wie schon oben begründet, sollten sich dann die schwarzen Flecken nicht so zahlreich um die von Discula verursachten Rindenschäden verteilen.

Hinsichtlich der Art des einwirkenden Agens können nur Vermutungen angestellt werden. Wenn es sich bei den im intakten Rindenbereich gebildeten Nekrosen um das Ergebnis von pathogenen Pilzen ausgelösten Stoffwechselstörungen handelt, dann sollten analog den Nekrosen an natürlich erkrankten Bäumen die sie auslösenden Einwirkungen feststellbar sein. Wie sich am Beispiel des besonders anfälligen Baumes C gezeigt hat, bei dem sich in Nachbarschaft der durch "Kratzen" entstandenen Wunde des Kontrollsatzes Rindennekrosen gebildet hatten, würde somit an besonders disponierten Bäumen eine durch Rindenverletzung ausgelöste Wundreizreaktion für deren Bildung ausreichen. Die von dem einwirkenden Agens ausgelösten Störungen könnten die Frostresistenz der Rinde verringern und bereits bei mäßigen Frösten zu deren Absterben führen.

Nachdem durch die Untersuchungsergebnisse biotische und mechanische Schädigungen eindeutig als Kausalfaktoren auszuscheiden sind, stellte sich die Frage, ob ein Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Rindennekrosen und den einzelnen Standorten besteht. Das ist tatsächlich der Fall. Im Revier Hagenau am Standort $V2b\overset{2}{=}$ wurde bisher nur ein Baum mit Nekrosen und schwarzen Rindenflecken gefunden, an den anderen Standorten kommt dieses Schadbild weit häufiger vor. Die Böden der Donau- und Rheinauen unterscheiden sich von dem im Revier Hagenau, Standort $V2b\overset{2}{=}$, durch ihren schwach alkalischen pH und durch ihren hohen Kalkgehalt. Durch diese beiden Faktoren kann die Verfügbarkeit von Schwermetallionen erschwert werden, sowie ein Kalium-Calcium-Antagonismus entstehen (Scheffer-Schachtschabel,1966). Hieraus könnten Stoffwechselstörungen oder Nährstoffmangelschäden resultieren. So konnte beispielsweise Gärtel (1974) Bormangel als Ursache für die Bildung von Rindennekrosen an Reben nachweisen. Die wachstumsfördernde und zellteilungsauslösende Wirkung sehr geringer Zinksulfatkonzentrationen führt Silberberg (zitiert bei Haberland, 1921) auf die Vermittlung von Wachstums- und Teilungshormonen zurück, die infolge der chemischen Schädigung gebildet werden. Die mutmaßlich schadauslösende Wirkung dieser beiden Faktoren erfährt insofern eine gewisse Einschränkung, als daß im benachbarten Bestand im Revier Hagenau trotz niedrigem Kalkgehalt und schwach sauren pH Rindennekrosen mit schwarzen Flecken auftreten.

Im Zusammenhang mit diesem Schadbild würde eine Diskussion aller anfallenden Fragen zu weit führen. Warum treten beispielsweise die Schadsymptome fast ausschließlich im unteren Stammbereich auf und warum bleiben Spitzahorne unter 10 Jahren von dieser Krankheit verschont? Hierzu ließen sich eine Reihe von Hypothesen aufstellen, für die sich sowohl Argumente dafür als auch dagegen finden ließen. Aus diesen Ausführungen ergibt sich der komplexe Charakter dieser Krankheit und rechtfertigt für dieses Schadbild die eingangs getroffene Definition für Komplexkrankheiten.

Wenn auch nicht alle die Krankheit betreffenden Fragestellungen geklärt werden konnten, so ist durch das Auffinden der äußerlich nicht erkennbaren Rindennekrosen und den experimentellen Nachvollzug der typischen Schadsymptome, insbesondere der im intakten Rindengewebe auftretenden Schäden, ein wichtiger Schritt zur Aufklärung der Krankheitsursache gemacht worden.

Schutz- oder Bekämpfungsmaßnahmen sind bei der zur Kronendürre und Rindenschäden im Stammbereich führenden Krankheit im Hinblick auf die erforderlichen Maßnahmen nicht möglich. Bei der von Armillaria verursachten Wurzelfäule wäre zur Verringerung des Infektionsdrucks eine Stubbenrodung empfehlenswert.

15. Literaturverzeichnis

"Arbeitskreis Standortskartierung",1978: Forstliche Standortskartierung

Arx,J.A.,von,1967: Pilzkunde. Lehre.

- 1970: A revision of the fungi classified as Gloeosporium. Bibliotheka Mykologica,Band 24.

Aufsess,H.,von,1975: Untersuchungen über die Erreger von Stammfäulen in Fichtenbeständen. Forstw. Cbl. 90,259-284.

Barr,M.,1978: The Diaporthales in North America. Lehre.

Bauer,F.W.,1962: Waldbau als Wissenschaft. BLV Verlagsgesellschaft München.

Baxter,D.V.,1952: Pathology in Forest Practice. 2.Aufl. Wiley & Sons, New York.

Becker,B.,1968: Der Zusammenhang zwischen Standort und Hallimaschbefall (Armillaria mellea) in verschiedenen Waldgebieten Bayerns. Diss. München.

Bedwell,J.L.;Childs,T.W.,1938: Verticillium wilt of maple and elm in the pacific Northwest. Pl. Dis. Reptr. 22,22-23

Börner,H.,1975: Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. 2.Aufl. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.

Braun,H.J.,1976: Das Rindensterben der Buche,Fagus sylvatica L.,verursacht durch die Buchenwollschildlaus Cryptococcus fagi Bär. I.Die Anatomie der Buchenrinde als Basis-Ursache. Eur. J. For. Path. 6,136-146.

Burcik,E.,1950: Über die Beziehungen zwischen Hydratur und Wachstum bei Bakterien und Hefen. Arch. Mikrobiol. 15,203-235.

Butin,H.;Zycha,H.,1973: Forstpathologie. Georg Thieme Verlag Stuttgart.

Butin,H.,1981: Über der Rindenbranderreger Fusicoccum quercus Oudem. und andere Rindenpilze der Eiche. Eur. J. For. Path. 11, 33-44.

Caroselli,N.E.,1957: Verticillium wilt of maples. Rhode Island Agric. Exp. Stn. Bull. 335,1-84.

Cartwright,K,1929: A satisfactory method of staining fungal mycelium in wood sections. Ann. Bot. 43,412.

Catani,S.C.;Peterson,J.L.,1967: Antagonistic relationships between Verticillium dahliae and fungi isolated from the rhizosphere of Acer platanoides. Phytopath. 57,363-366.

Catovic,S.C.,1964: Biological interactions among Verticillium species and fungi associated with the rhizosphere of Acer platanoides L. Diss. Abstr. 25,2155-2156

Childs,L.;Zeller,S.M.,1929: Observations on Armillaria root rot of orchard trees. Phytopath. 19,869-872.

Conrad,J.,1964: Schleimflußkrankheit auch beim Spitzahorn. AFZ 48,730.

Dässler,H.-G.;Mayer,R.,1959: Vorkommen von Himbeeraromastoffen im wäßrigen Extrakt von Blättern des Spitzahorns (Acer platanoides). Naturwissenschaften Jg. 46,448-449.

Dennis,C.;Webster,J.,1971: Antagonistic properties of species groups of Trichoderma. II.Production of volatile antibiotics. Trans. Brit. Mycol. Soc. 57,41-48.

Dix,N.J.,1974: Identification of a water-soluble fungal inhibitor in the leaves of Acer platanoides L. Ann. Bot. 38,505-514.

Eckstein,D.;Liese,W.,1970: Untersuchungen über die gegenseitige Beeinflussung einiger Moderfäulepilze auf künstlichem Nährboden. Material und Organismen 5,81-83.

Frank,B.,1884: Über die Gummibildung im Holze und deren physiologische Bedeutung. Ber. d. Deutsch. bot. Ges., II. 321-332

Freier,R.,von,1961: Schleimflußkrankheit an Birke und anderen Holzarten. Forst- und Holzwirt 2,55-56.

Gärtel,W.,1974: Bormangel als Ursache krustenförmiger Nekrosen der Rinde. Biol. Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft H 125.

Gäumann,E.,1951: Pflanzliche Infektionslehre. 2.Aufl. Birkhäuser,Basel.

Gerlach,D.,1969: Botanische Mikrotechnik. Thieme Verlag Stuttgart.

Gravatt,G.F.,1926: Maple wilt. U.S. Dept. Agric. Circular 382,12.

Haberlandt,G.,1921: Wundhormone als Erreger von Zellteilungen. Beitr. allgem. Bot. 2,1-53.

Heintzeler,I.,1939: Das Wachstum der Schimmelpilze in Abhängigkeit von den Hydraturverhältnissen unter verschiedenen Außenbedingungen. Arch. Mikrobiol. 10,92-132.

Hoffmann,E.,1960: Der Ahorn. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.

Holdheide,W.,1950: Anatomie mitteleuropäischer Gehölzrinden. Handb. d. Mikrosk. i. d. Technik V/1,295-296.

Kaune,P.,1969: Einflüsse der Feuchtigkeit und des Kohlenhydratgehaltes von Nährböden auf einige holzzerstörende Basidiomyceten. Material und Organismen 4,7-66.

König,E.: Die gegenwärtige Forstschutzsituation in Südwestdeutschland.
AFZ,1973,320-324
- 1974,260-264
- 1978,370-373
- 1979,348-352
- 1980,376-380
- 1981,320-325

Köstler,J.N.;Brückner,E.;Bibelriether,H.,1968: Die Wurzeln der Waldbäume. Hamburg und Berlin: Parey Verlag.

Küster,E.,1925: Pathologische Pflanzenanatomie. Gustav Fischer Verlag,Jena.

Lang,K.,J.,1973: Experimente mit Erregern der Umfallkrankheit. Diss. München.

Laubert,R.,1904: Eine wichtige Gloeosporium-Krankheit der Linden. Zeitschrift für Pfl.kr. XIV,257-262.

Ludwig,F.,1896: Die Genossenschaften der Baumflussorganismen. Centralbl. für Bakt.,Parasitenk. und Infektionskr. Zweite Abt. II.Band,337-351.

May,C.,1961: Diseases of shade and ornamental maples. Agric. Handb. 211,1-22.

Meyer-Wegelin,H.,1936: Ästung. Hannover.

Möller,J.,1882: Anatomie der Baumrinden. Berlin.

Olberg-Kallfass,R.,1978: Starkes Auftreten von Spitzahorn- und Ulmensterben im Oberrheintal. AFZ,380-381.

Pape,H.,1926: Absterben eines Bestandes von Spitzahorn. Mitt. Dtsch. Dendrol.Ges. 37, 353-354.

Redfern,D. B.,1975: The influence of food base on rhizomorph growth and pathogenicity of Armillaria mellea isolates. Am. Phytopath. Soc. 69-73.

Rypacek,V.,1966: Biologie holzzerstörender Pilze. VEB Gustav Fischer Verlag Jena.

Scheffer,F.; Schachtschabel,P.,1966: Lehrbuch der Bodenkunde. 6.Aufl., Ferdinand Enke Verlag Stuttgart.

Schneider,H.,1954: Untersuchungen über Feuchtigkeitsansprüche parasitischer Pilze. Phytopath. Z. 21,63-78.

Schütt,P.,1971b: Sporenkonzentration und Keimrate. Europ. J. For. Path. 1,122-123.

- 1979: Buchen- und Tannensterben,zwei altbekannte Waldkrankheiten von höchster Aktualität. Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges. 71,229-235.

Schwenke,H.J.,1959: Untersuchungen über Sporenkeimung und Mycelwachstum von Septotis populiperda Waterman et Cash. Phytopath. Z. 35,389-400.

- 1960: Untersuchungen über den Parasitismus von Septotis populiperda Waterman et Cash. Phytopath. Z. 38,69-92.

Schwenke,W.;Schütt,P.: Situation und Prognose des Forstschädlingsbefalls in Bayern.
AFZ,1974,266
- 1975,200-202
- 1980,381-382

Schwerdtfeger,F.,1970: Die Waldkrankheiten. 3.Aufl. Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey.

Seibert,P.,1971: Pflanzensoziologisches Gutachten über die Donauauen des Wittelsbacher Ausgleichsfonds.

Shigo,A.L.;Marx,H.G.,1977: Compartmentalization of decay in trees. U.S. Dep. Agric. For. Serv. Agric. Info. Bull. 405,1-73.

Stautz,W.,1931: Beiträge zur Schleimflußfrage. Phytopath. Z. 3, 163-229.

Svolba,F.,1935: Untersuchungen über den Schleimfluß der Roßkastanie. Die Gartenbauwissenschaft, Bd. 9,390-404.

Taylor,G.S.;Moore,R.E.B.,1979: A canker of red maples associated with oviposition by the narrow-winged tree cricket. Phytopath. 69,236-239.

Van der Meer,J.H.H.,1926: Verticillium wilt of maple and elm-seedlings in Holland. Phytopath. 16,611-614.

Wagner,G.,1896: Beiträge zur Kenntnis der Pflanzenparasiten. Z. für Pflanzenkr. 6,76-77.

Walter,H.,1924: Plasmaquellung und Wachstum. Z. Bot. 16,353-417.

- 1931: Die Hydratur der Pflanze und ihre physiologisch-ökologische Bedeutung. Jena.

Wargo.P.M.,1975: Lysis of cell wall of Armillaria mellea by enzymes from forest trees. Physiol. Pl. Path. 5,99-105.

Winter,G.,1887: Rabenhorst's Kryptogamen-Flora. Leipzig.

Wollenweber,H.W.,1929: Die Wirtelpilz-Welkekrankheit (Verticillose) von Ulme,Ahorn und Linde. Arb. biol. Reichsanst. Land- u. Forstw. 17,273-299.

- 1929: Über Fruchtformen der krebserregenden Nectriaceen. Z. Parasitenkunde 1,138-173.

- 1935: Die Fusarien. Verlag Paul Parey,Berlin.

Zimm,L.A.,1918: A wilt disease of maples. Phytopath. 8,80-81.

Zycha,H.,1951: Das Rindensterben der Buche. Phytopath. Z. 17,444-461.

- 1968: Eine Schleimflußkrankheit der Roteiche. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 139,195-197.

16.Bildteil

Abb. 1: Dunkle Rindenverfärbung an der Stammbasis eines etwa 15jährigen Spitzahorns

Abb. 2 Hallimaschmycel am Stammfuß eines Spitzahorns;die dunkel verfärbte Rinde wurde abgeschnitten

Abb. 3: Schwarze Rindenflecken im unteren Stammbereich eines Spitzahorns

Abb. 4: Von der abgestorbenen Hauptwurzel greift die Fäule auf den Stamm über

Abb. 5: Von einem Totast ausgehende Stamm- und Rindenschäden im oberen Stammbereich

Abb. 6: Von Totästen im Kronenbereich ausgehende Holzschäden; unterschiedlich starker Befallsgrad in Abhängigkeit von der Astdicke

Abb. 7: Aufsicht auf einen Rindenriß;der Riß ist von einer weißlichen Substanz ausgefüllt und wird beiderseits von schwarzen Krusten umgeben. Vergrößerung: 6fach

Abb. 8: Ausschnitt aus einer Rindennekrose mit Innenperiderm und aufsitzender Kruste (Radialschnitt)
Vergrößerung: 40fach

Abb. 9: Ausschnitt aus einer Rindennekrose mit körnigen Einlagerungen (Querschnitt) Vergrößerung: 400fach

Abb. 10: Körnige Einlagerungen in Kollenchymzellen im abgestorbenen Rindengewebe (Radialschnitt)
Vergrößerung: 3000fach

Abb. 11: Kugeln aus erhärtetem Wundgummi und weiße,amorphe Substanzen unter der sich abhebenden nekrotisierten Rinde. Vergröß.: 4ofach

Abb. 13: Rindennekrosen am Stamm,die erst nach Abreiben des Phellems sichtbar werden

Abb. 14: Rindenausschnitt mit tiefer reichender Gewebeschädigung; der nekrotisierte Bereich wird durch ein Innenperiderm abgeriegelt (Radialschnitt)
Vergrößerung: 100fach

Abb. 15: Regelmäßig überwallte Wunde der Kontrolle bei "Stanzen"

Abb. 16: Größerer Rindenschaden bei "Stanzen" an einem Spitzahorn;an den Längsseiten der Schadstelle ist die Rinde aufgebrochen,am rechten Rindenriß befindet sich am oberen Ende ein schwarzer Fleck. Der Spitzahorn wurde mit Discula campestris beimpft.

Abb. 17: Rindenschädigung mit schwarzem Rindenfleck an einem mit Discula campestris infizierten Spitzahorn im Revier Hagenau Beimpfung: Oktober 1979

Abb. 18: Zwei Rindenschilder und ein schwarzer Fleck in Nachbarschaft zur Impfstelle;die Wunde bei "Stanzen" hat sich fast geschlossen.Links von "Stanzen" zeichnet sich die Schadstelle von "Kratzen" ab.Der Spitzahorn wurde im Herbst 1979 mit Discula campestris beimpft.

Abb. 19: Ausschnitt aus der Randzone eines Rindenschildes;Bastfasern behindern die Anlage eines geschlossenen Innenperiderms (Radialschnitt) Vergrößerung: 100fach

Abb. 20: Weiße,amorphe Substanz auf der Wundfläche bei "Kratzen";der Spitzahorn wurde mit Discula campestris beimpft

Abb. 21: Größerer Rindenschaden im unteren Stammbereich;der Spitzahorn war mit Fusarium spec. beimpft worden (photographiert im Okt. 1980)

Abb. 22: Stammquerschnitt in Höhe eines Impfsatzes

Abb. 23: Streifenförmige Dunkelfärbung der Rinde nach Inokulation mit Discula campestris (Revier Hagenau)

Abb. 25: Rindenschilder und schwarze Flecken in Nachbarschaft zu "Kratzen" des Kontrollsatzes

Abb. 26: Durch Discula campestris verursachte Rindenschädigung an Bergahorn (Revier Hagenau)

Abb. 27: Durch Beimpfung mit Discula campestris hervorgerufene Blattschädigung

Abb. 28: Knäuelungen und Verdickungen mit keilförmigen Fortsätzen auf einem beimpften Spitzahornblatt
Vergrößerung: 2000fach

Abb. 29: Geschädigte Epidermiszellwand mit Bohrloch
Vergrößerung: 5000fach

Abb. 30: Hemmwirkung von Fusarium spec. auf Discula campestris; bereits bei einem Abstand von 1,2cm zwischen beiden Arten kommt das Wachstum von Discula zum Stillstand

Abb. 32: Aufgeblähte Sporen mit stark verdickten Keimschläuchen in einem Bergahornblattpreßsaft; die Sporen und der unmittelbar dahinterliegende Keimschlauchabschnitt weisen einen "Hof" auf. Der Pfeil weist auf eine nicht gekeimte Spore von normaler Größe hin. Vergrößerung: 400fach

Abb. 33: Drei Pyknidien auf einem Spitzahornblatt; die beiden außen liegenden sondern Sporenschleim ab
Vergrößerung: 20fach

Abb. 35: Fruchtkörper, Ascus und Ascosporen von Gnomonia cerastis

Abb. 1

Abb. 2

Abb. 3

Abb. 4

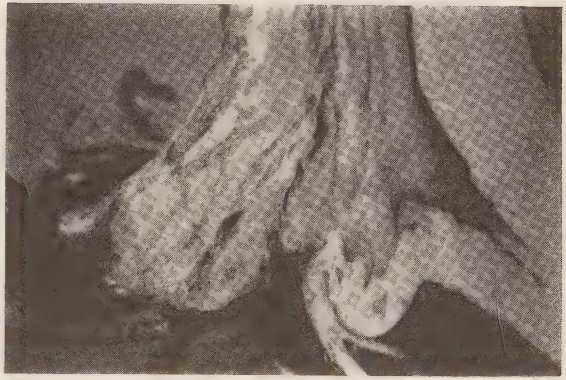


Abb. 5

Abb. 6

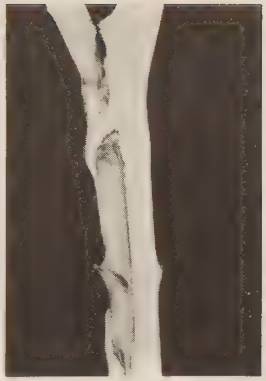


Abb. 7

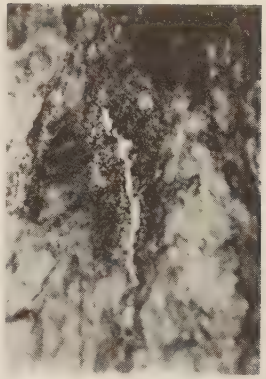


Abb. 8

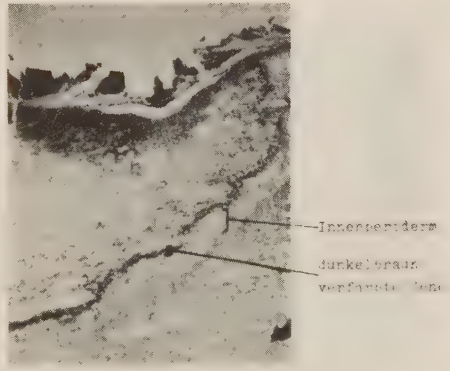


Abb. 9

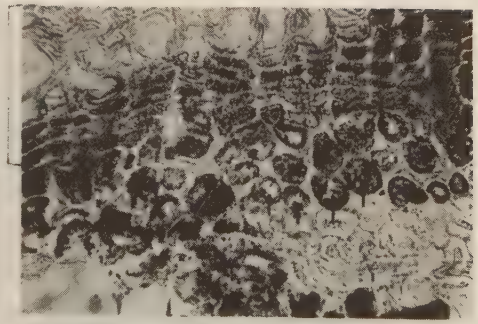


Abb. 10

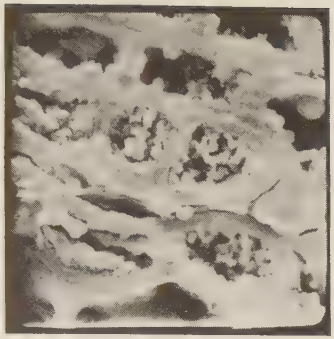


Abb. 11

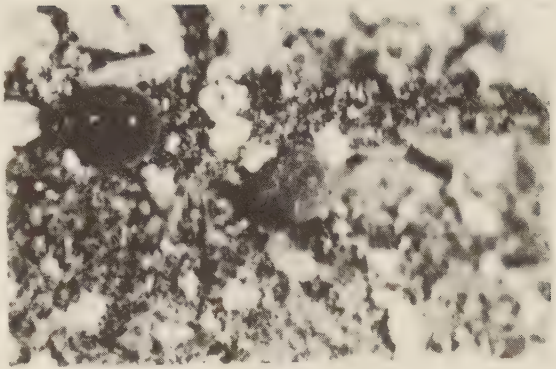


Abb. 13

Abb. 14

Abb. 15

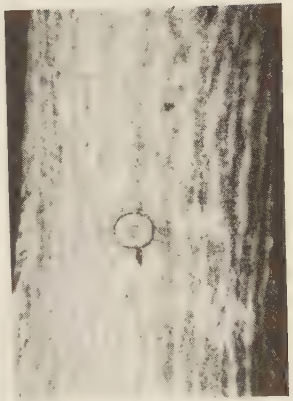


Abb. 16

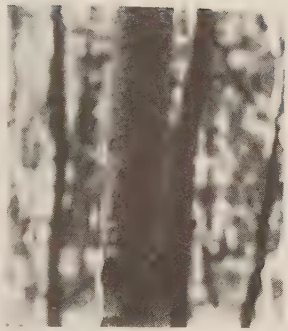
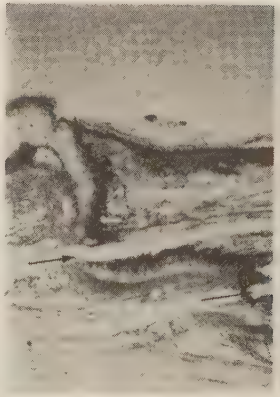


Abb. 17

Abb. 18

Abb. 19



die beiden Pfeile liegen auf Bastfasern, ihre Spitzen deuten auf die Periderm-unterbrechung

Abb. 20

Abb. 21

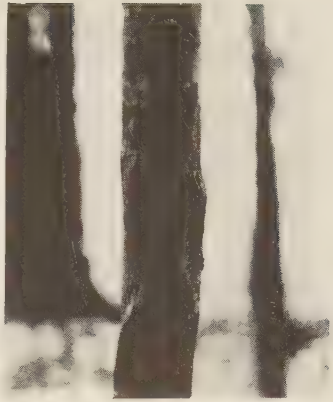


Abb. 22

Abb. 23

Abb. 25

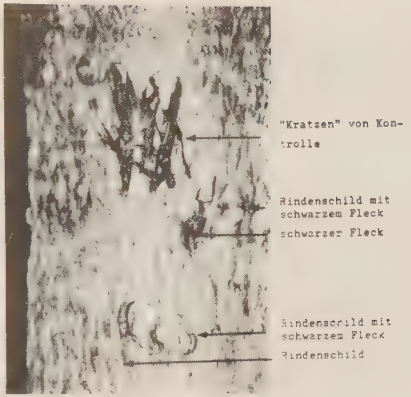
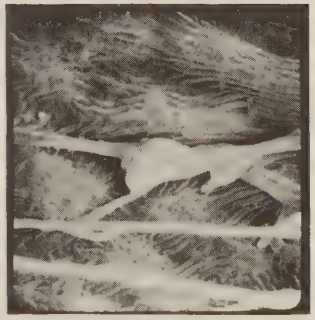


Abb. 26

Abb. 27

Abb. 28



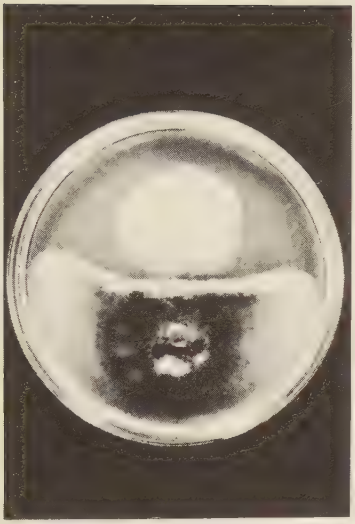


Abb. 30

Abb. 32

Abb. 33

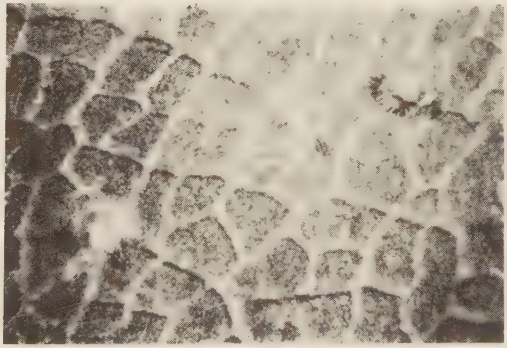


Abb. 29

Abb. 35

Hauptfruchtform
Vergrößerung 160fach

Ascus

Ascosporen

Erklärung

Hiermit erkläre ich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig verfaßt und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen verwendet habe.

J. Graf